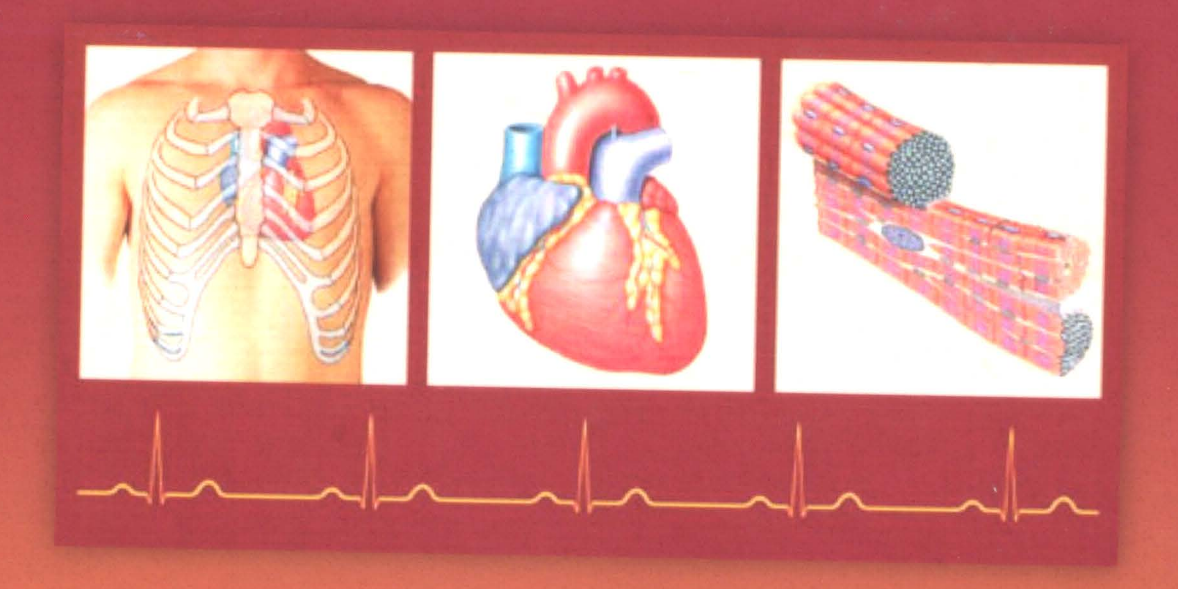
علم
وظائف الأعضاء
PHYSIOLOGY



أ.د. صباح ناصر العلوجي

Prof. Dr. Sabah N. Alwachi

Professor of Physiology





علم
وظائف الأعضاء
PHYSIOLOGY

574.1

أ.د.صباح ناصر العلوجي

علم وظائف الأعضاء

عمان - دار الفكر ناشرون وموزعون 2014

ر.أ.: 2467/7/2002

الواصفات: علم الاحياء / جسم الانسان

* أعدت دائرة المكتبة الوطنية بيانات الفهرسة والتصنيف الأولية

* يتحمل المؤلف كامل المسؤولية القانونية عن محتوى مصنفه ولا يعبر هذا المصنف عن رأي دائرة المكتبة الوطنية أو أي جهة حكومية أخرى.

الطبعة الثالثة، 2014 - 1435



www.daralfiker.com

المملكة الأردنية الهاشمية - عمّان

ساحة الجامع الحسيني - سوق البتراء - عمارة الحجيري

هاتف: 4621938 6 962+ فاكس: 4654761 6 962+

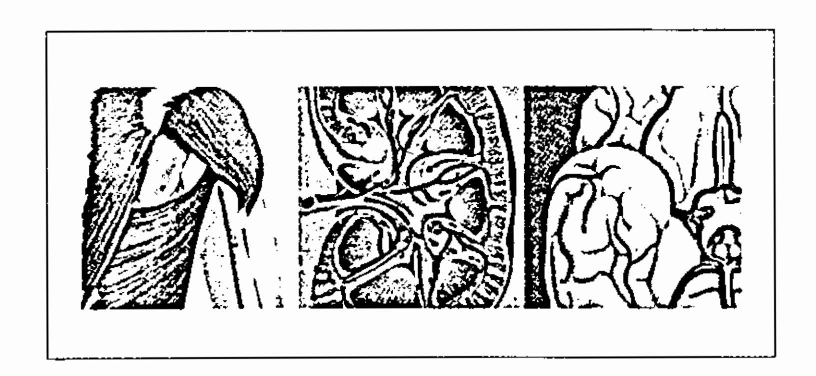
ص.ب: 183520 عمان 11118 الأردن

بريد الكتروني: info@daralfiker.com

بريد المبيعات: sales@daralfiker.com

ISBN: 978-9957-07-342-7

علم
وظائف الأعضاء
PHYSIOLOGY



أ.د. صباح ناصر العلوجي

Prof. Dr. Sabah N. Alwachi

Professor of Physiology

الطبعة الثالثة

1435-2014







المقدمة

من موقع المسؤولية والادراك العميق نتيجة الاحتكاك والتفاعل المباشر والانخراط في العمل الجامعي لما يقارب خمسة وعشرون سنة قضيتها في التدريس والبحث والاشراف على طلبة الدراسات العليا من ماجستير ودكتوراه وتاليف ما تجاوز عشرة كتب علمية. اصبح لزاماً علي أخذ المبادرة والاشتراك في الحركة العلمية لتوفير الكتب باللغة العربية في المواضيع العلمية والتكنولوجية بصورة خاصة لرفد المكتبات العربية بمراجع ومصادر علمية رصينة تسد حاجة الطالب والباحث والمتتبع للعلم والمعرفة.

ان هذا الكتاب بالاضافة الى مؤلفات اخرى في المواضيع الحياتية، ترفد الحركة العلمية وتوفر كتب منهجية ومساعد لطلاب كليات المجموعة الطبية واقسام البيولوجي والميكروبيولوجي في كليات العلوم وغيرها من المعاهد والكليات التي تضع علم وظائف الاعضاء، الفسيولوجي، في مقدمة مقرراتها ومناهجها وخاصة للمتخصصين في العلوم الطبية ومن ضمنها طلاب اقسام علوم الحياة في الكليات المختلفة.

لذلك فقد حرصت كل الحرص على وضع مفردات الكتاب بما يتلائم مع المفردات المقرره لهذا العلم في الدول العربية بصورة عامة وما يتناغم مع مفردات المناهج في كل من العراق والاردن وسوريا واليمن ودول الخليج العربي.

كما حاولت وضع جل اهتمامي في حل المشاكل التي تشغل بال الباحثين والمتخصصين في حقل الفسيولوجيا، مع التأكيد على عدم الفصل بين العلوم والتواصل فيما بينها لابراز المبادىء العامة والخاصة والآليات المهمة لعمل اعضاء الجسم المختلفة.

كما حاولت تعميق الايمان والتوسع في مجال الفسيولوجيا العامة على اعتباره المبدأ الذي يركز على التواصل والموازنه بين الاحياء المختلفه وطرائق عمل أعضائها بصورة عامة وخاصةالوظائف الفسيولوجية العامة لأعضاء جسم الانسان على اعتبارها نموذجاً لعمل



اعضاء واجهزة الجسم للطبقة العليا من المملكة الحيوانية. مع الاخذ بنظر الاعتبار بعض الاختلافات الفسيولوجية بينه وبين بعض الحيوانات الاخرى في مجال الفسيولوجيا المقارن.

كما حاولت ايضاً ان اضع نصب عيني وأركز جل اهتمامي في هذا الكتاب على تعميق فهم الطالب والباحث لاساسيات الفسيولوجيا العامة ومقدار التداخل بينها وبين بقية العلوم البيولوجية بالاضافة الى علاقاتها الخاصة مع علم الكيمياء الحياتية والفيزياء والاحصاء الحيوي وغيرها.

ان الادراك الكامل من قبلي وجميع اخواني وزملائي العلماء والباحثين العرب في اهمية وضرورة رفد المكتبة العربية بصورة دائمة بكل ما يستجد من البحوث والاكتشافات العلمية دعتني الى وضع هذا الكتاب وتعميق التجديد والفهم والتطوير لكتاب آخر في موضوع الفسيولوجيا سبق ان شاركت فيه مع زملاء واخوه اعزاء لا ازال اكن لهم كل الاحترام والتقدير.

وختاماً ارجو من الله العلي القدير ان يمن على كل من شجعني وساعدني على ترسيخ فصول هذا الكتاب حقيقة بين الطلبة والناس بالرفعه والسداد. والله هو الموفق وهو المعين.

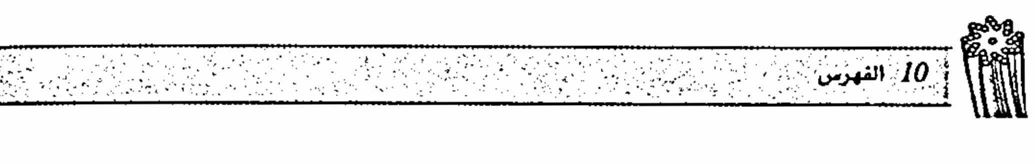
والسلام عليكم ورحمة الله وبركاته.

المؤلف



الفهرس







1

الفصل الأول

الخلية وانتقال المواد عبر الاغشية

أ- علم وظائف الاعضاء، physiology

نظره تاريخية

أ - علم وظائف الأعضاء Physiology

الفسيولوجيا وفروعه:

تبحث الفسيولوجيا أو علم وظائف الأعضاء في فعاليات المادة الحية (على مستوى الكائن الحي بأكمله أو عضو منه أو مستوى الخلية أو جزء منها)

* تختلف الفسيولوجيا عن العلوم البيولوجية بأنها متعلقة بديناميكية المادة الحية وليس فقط باستاتيكية هذه المادة كما في علم التشريح أو الخلية وغيرها من العلوم.
* الفسيولوجيا تعني دراسة النظم الحية التي هي في تبدل وتغير مستمر من لحظة لأخرى وتعني بذلك دراسة معنى الحياة.
* هناك مدرستان لتفسير الحياة ومظاهرها:

1- المدرسة الحيوية "Vitalism School" ودعاتها الحيويون "Vitalists" :

وتعتقد بوجود قوة أو طاقة حيوية تتحكم بالمادة الحية وتكون هذه القوة كامنة خارج الجزيئات والذرات المكونة للمادة الحية.

2- المدرسة الميكانيكية (Mechanism School) ودعاتها الميكانيكيون (Mcehanists) أو المدرسة المادية (Materialism School) ودعاتها الماديون (Meterialists).

ولا تعتقد هذه المدرسة بوجود القوة الكامنة وإنما تحاول تفسير مظاهر الحياة على أسس مادية لا تتعدى حدود الذرات والجزيئات المكونة للمادة الحية. لذلك فإن هذه المدرسة تلجأ إلى الوسائل الفيزيائية والكيميائية كمحاولة لفهم كنة الحياة.

* لقد أظهرت الدراسات الحديثة رجاحة اعتقاد المدرسة الميكانكية أو المادية حيث ثبت بأن المادة الحية تتبع القوانين الفيزيائية والكيميائية في فعالياتها، ففعاليات المادة الحية عبارة عن فعالية الذرات والجزيئات المكونة لها.

كما أن فلسفة المدرسه الميكانيكية أكثر واقعية من فلسفة المدرسة الحيوية وأكثر تحفيزاً للبحث والاستقصاء والكشف عما خفى من أسرار المادة الحية.



نظرة تاريخية:

* يبدأ كل علم بداية بسيطة تعتمد على التجارب البسيطة والملاحظات الصغيرة
* بمرور الزمن يقود البحث البسيط إلى بحوث أكثر عمقاً وتعقيداً.
* يجري العلماء بعض التجارب كمحاولة للإجابة على بعض الأسئلة التي تدور في خلدهم أو تثيرها تجارب من سبقهم.
* لذلك ينمو أي علم من علوم المعرفة على مر السنين كما ينمو الكائن الحي ويكون غذائه هنا التجارب والملاحظات التي يجريها العلماء.
* نتيجة لتراكم النتائج لهذه البحوث يبرز ضرورة تجزئة العلم إلى فروع عديدة.

إن أقدم فرعين من فروع الفسيولوجيا وذلك لعلاقتهما الوثيقة بعلم الطب وفن الشفاء هما:-

- ❖ الفسيولوجيا البشرية Human Physiology
- ❖ فسيولوجياالثدييات Hammalian Physiology

لقد حضى هذان النوعان باهتمام العلماء في عهدي الإغريق والحضارة الإسلامية وذلك لإهتمام أطباء هذيه العصرين بدراسة وظائف أعضاء الجسم في الإنسان والحيوان.

ويستند الطب الحديث على دراسة الفسيولوجيا:-

* وأول من أكد ضرورة الفسيولوجيا في الطب هو العالم والطبيب الفرنسي الشهير كلود برنارد Claud Bernard في كتابه الطب التجريبي Experimental Medicine.
* وبظهور نظرية التطور العضوي Organic Evolution للعالم الإنجليزي المعروف Charles Darwin بداية النصف الثاني من القرن التاسع عشر تبلورت فكرة العلاقة الطبيعية بين الكائنات الحية المختلفة. لذلك ظهر فرعان جديدان من فروع الفسيولوجيا هما:

- ❖ الفسيولوجيا المقارنة Comparative Physiology
- ❖ الفسيولوجيا العامة General Physiology



الاول (Comp.Physiol) : مع إيمانه بوحدانية الحياة (Unity of Life) وهي الفكرة التي تؤمن بأن جوهر الحياة واحد وأن اختلفت مظاهره (وهي إحدى نتائج التطور العضوي). يبحث في الوسائل المتباينة التي تتبعها الحيوانات المختلفة في أداء وظيفة معينة كالحصول على الأوكسجين أو الغذاء أو طرح الفضلات وغيرها من الفعاليات الحيوية.

أما الثاني (General Physiol) : فيعترف باختلاف الوسائل التي بواسطتها تؤدي الكائنات الحية وظائفها المتعددة إلا أنه يؤكد على وحدانية القوانين المتحكمة بالمادة الحية.

* يدرس الأسس العامة التي بموجبها تؤدي المادة الحية وظائفها العامة كالتنفس مثلاً سواء في خلايا جسم الإنسان أو الحيوان أو البكتيريا أو النباتات الأخرى.

* يعتبر هذا النوع من الفسيولوجيا تجسيداً لنظرية التطور العضوي.

* عند دراسة ظاهرة التنفس في الخميرة وعلاقته بما يحدث أثناء تنفس نبات الحنطة مثلاً فإن ذلك يبين العلاقة التطورية بين الخميرة ونبات الحنطة.

* ولقد أظهرت الأبحاث صحة فلسفة علماء الفسيولوجيا العامة.

فمثلاً: التنفس الخلوي (أي تحرر الطاقة من المواد الغذائية وتحولها إلى CO_2 وماء) يكون متشابه في جميع الكائنات الحية من الأميبا إلى الإنسان.

لا شك أن هناك اختلاف في تفاصيل عملية التنفس ولكنها من الضئالة بحيث لاتناقض وحدانية العملية. ونفس الشيء يقال عن انتقال الإيعاز العصبي (Nerve impulse)

* طبيعة الإيعازات العصبية متشابهة إلى حد كبير بغض النظر عن المصدر الذي يكون الليف العصبي.

* فلولا صحة النظرية الفسيولوجية العامة لما أمكن إحراز هذا التقدم في الطب لأن أكثر التجارب تجري على الحيوانات ثم تطبق على الإنسان.

بظهور النظرية الخلوية Cell Theory :

القائلة : بأن جميع الكائنات الحية تتألف من خلية أو مجموعة خلايا وهي وحدات بنائية



إضافة إلى كونها وحدات وظيفية ظهر علم فسيولوجيا الخلية Cell physiology. ويدرس الفعاليات الأساسية للخلايا الحيوانية والنباتية، وفيه تعتبر الفعاليات الحيوية للكائن الحي أو العضو أو النسيج عبارة عن المجموعة الكلي لفعاليات الخلايا المكونة له.

فمثلاً: تقلص العضلة: هو تقلص آلاف الألياف العضلية المكونة لها.

وتنفس الحيوان : مجموعة الفعاليات التنفسية للملايين من خلايا جسمه.

وهناك فروع أخرى لعلم الفسيولوجيا تهتم ببعض المجاميع الحيوانية والنباتية مثل فسيولوجيا الحشرات Insect physiology، وفسيولوجيا الأسماك Fish physiology، وفسيولوجيا النبات Plant physiology .

طرائق دراسة الفسيولوجيا:

يعتبر علم الفسيولوجيا وعلم الكيمياء الحيوية Physiology & Biochemistry من العلوم التجريبية Experimental sciences أي أن نتائجها ومعطياتها Data يتم الحصول عليها من التجارب.

بينما تعتبر العلوم الحياتية الأخرى على الأكثر وصفية Discriptive sciences أي أنها تعتمد على الوصف Description والملاحظة Obeservation الدقيقة دون الحاجة إلى التجارب.

مثلاً: عندما يدرس عالم التشريح Anatomist عضلة معينة في الجسم فإنه يحدد موقعها في الجسم وعلاقتها بالعضلات الأخرى وكيفية استنادها على العظم والأعصاب المتصلة بها والأوعية التي تغذيها. وربما أن يدرس ليف عضلي تحت المجهر ليقف على دقائق تركيب العضلة.

أما عالم الفسيولوجيا Physiologist فإنه لا يدرس العضلة بمجرد النظر إليها وإنما يعرض العضلة إلى ظروف مختلفة، كيف تتقلص وقوتها ومقدار ما تصرفه من المواد الغذائية والأوكسجين، والفضلات الناتجة عن التقلص وعلاقة التقلص بمقدار الحافز ..إلخ.

ومهمة عالم الفسيولوجيا معقدة وتحتاج إلى نظام معقد من التجارب المعقدة وتحتاج إلى مهارة خاصة للعمل وتفسير النتائج. لذلك فقد جندت كل العبقريات لمساعدة علماء



الفسيولوجيا لتصميم أجهزة دقيقة فأصبح مختبر الفسيولوجيا زاخر بكافة الأجهزة والمعدات الألكترونية والميكانيكية.

وبمقدور عالم الفسيولوجيا الآن أن يضع حيوانا، كالجرذ مثلاً في جهاز خاص ليسجل ما يستهلكه من الأوكسجين وما يطرحه من CO_2 بواسطة حركة المؤشرات بدون الحاجة إلى تحليل الهواء داخل أو خارج رئتيه.

الأجهزة التي تساعد في البحث:

1- المجاهر Microscopes : وهي عديده ومختلفة في فعالياتها وتطورها ومقدار تكبيرها للاشياء وتشمل:

أ- المجهر المركب Compound Microscope

ب- المجهر ذو الأشعة فوق البنفسجيه Ultraviolet Microscope

ج- المجهر المقطب Polarizing Microscope

د- المجهر ذو الحقل المظلم Dark - field Microscope

هـ- المجهر الالكتروني Elecrton Microscope

2- الكيمياء النسيجية Histochemistry :

وهي دراسة التوزيع الطبيعي للأنزيمات والمواد الأخرى في المناطق المختلفة من الخلية عن طريق تفاعلات تحدث بين مادة الخلية ومواد تضاف إليها. مثلاً صبغ الخلية للإستفادة من حامضية وقاعدة الآجزاء الخلوية المختلفة. وتسمى الأجزاء التي تأخذ من الصبغات الحامضية Acidophilic والتي تأخذ القاعدية Basophilic.

3- دراسة الطيف الشمسي Spectroscopy :

وهي دراسة مقدار امتصاص المواد للأشعة المرئية عن طريق إمرار أشعة فوق بنفسجية ذات أطوال أمواج مختلفة خلال أجزاء الخلية وقياس مقدار الأشعة المتصة في كل حالة.

مثلاً: أقصى إمتصاص للأحماض النووية هو في طول موجة مقدارها 2600 A وأقصى امتصاص للبروتينات هو في طول موجه مقدارها 2800 A



4- النظائر المشعة Radioisotopes :

وقد أحدث استعمالها في البحوث البايولوجية ثورة عارمة ويلاحظ في الفسيولوجيا والكيمياء الحيوية والوراثة.

5- فصل الأجزاء الخلوية Cell fractionation :

يمكن فصل الأجزاء الخلوية عن بعضها البعض وتنقيتها ثم دراستها مثل الميتوكوندريا أو الريبوسومات. وتتم الطريقة عن طريق مجانستها Homogenization في محلول ثم فصلها بواسطة جهاز الطرد المركزي Centerifuge.

ب- الخلية الحية The Living cell

التركيب والوظيفة



ب - الخلية الحية The Living cell

الخلية The cell

وهي الوحدة التركيبية Stractural unit والوظيفة Functional في الكائنات الحية. وبالإضافة إلى ذلك فهي وحدة الإنقسام والوراثة وهي أصغر وحدة حياتية. وتتكون جميع الكائنات الحية إما من :

1. خلية واحدة Unicellular وأمثالها بدائية النواة Prokayotes.
2. عدة خلاياMuticellualr وأمثالها حقيقية النواة Euocaryotes

الكائنات بدائية النواة Prokaryotes

تحتوي على خلايا بسيطة ويشتق اسمها من أصل إغريقي وتتكون من جزأين من كلمة Pro وتعني بدائي أو قبلBefore وكلمة Keruel وتعني نواة Nucleus. لذلك فإن جميع الكائنات بدائية النواة لا تحتوي على نواة ومن أمثلتها البكتيريا والطحالب الخضر - المزرقة Blue- green algae.

والخلية بدائية النوى تحتوي على سايتوبلازم داخلي وغشاء بلازمي تحيط بهما طبقة خارجية تشكل جدار الخلية Cell wall. وقد ينعدم مثل هذا الجدار في بعض الخلايا مثل المايكوبلازما. وقد تتحرك هذه الكائنات بواسطة سوط Flagella (والذي إن وجد) فهو يتكون من بروتين شبيه بالخيط Thread- like protein كما في البكتيريا. وتتكون الطحالب الخضر - المزرقة من طيات في في الغشاء البلازمي تحتوي على أنزيمات وصبغات ضرورية للتفاعلات الضوئية وهناك أنواع منها تقوم بعملية البناء الضوئي.

الكائنات الحية حقيقية النواة Euokaryotes :

وتحتوي هذه الكائنات على خلايا أكثر تعقيداً من الأولى وتتكون من أقسام داخلية. وكل خلية حقيقية النواة تحتوي على نواة تضطلع بمهمة مركز السيطرة. ولا تحوي هذه الخلايا جدار خلوي ولكنها تحتوي جسم حال Lysosome يحوي انزيمات هضمية. كما أنها تحتوي على ميتوكوندريا Mitochondria تعمل كبيوت للطاقة Power house. وكذلك فإنها تنقسم



داخلياً بواسطة الشبكة الأندو بلازمية Endeoplasmic reticulum. ويحرك هذه الخلايا سوط يعد أكثر تعقيداً مما هو عليه في البكتيريا.

مم تتكون الخلية النموذجية؟

تتكون الخلية النموذجية من:

1. غشاء الخلية cell membrane : ويحيط بها ويتميز بخصائص خاصة تجعله في اتصال مع بقية الخلايا المحيطة.
2. منطقة النواة nuclear region: وتعمل على توجيه نشاطات الخلية. ففي البكتيريا مثلا تتضمن جميع المواد الجينية genetic material في الدنا DNA . أما في الخلايا حقيقية النواة فهناك غشائين حيث يحيط الغلاف النووي nuclear envelope بالنواة الحاوية على الدنا DNA.
3. مادة خلالية Matrix: نصف سائلة تكون السايتوبلازم في خلايا البكتيريا. أما في الخلايا حقيقية النواة فأن السايتو بلازم يحتل المنطقة بين النواة والغشاء الخلوي. وتحتوي هذه الخلايا على شبكة اندوبلازمية ومايتوكوندريا. وكذلك تحتوي على جدار خلوي كما في النباتات والبكتيريا والفطريات Fungi. وتحتوي النباتات والطحالب أيضاً على بلاستيدات خضر.
4. إن معظم الخلايا تكون صغيرة جداً بحيث لا يمكن رؤيتها بالعين المجردة. ويحتوي جسم الإنسان مثلاً على ما يقارب مائة تريليون (100 trillion) خلية تولف كل واحدة منها ما بين 5-20 مايكرميتر. ولو أننا صففنا هذه الخلايا مع بعضها البعض فإنها ستؤلف صفاً يمتد إلى أكثر 500 مليون كيلو متر.

النظرية الخلوية The cell theory

ولأن الخلية تكون من الصغر بحيث لا يمكن رؤيتها بالعين المجردة فإن إكتشافها لم يتم حتى أكتشف المجهر Microscope في أواسط القرن السابع الميلادي Mid-seventeenth century.

ففي عام 1665 وصف لأول مرة روبرت هوك Robert Hook الخلية عند فحصه لقطة فلين فوجدها تتكون من حجيرات فارغة تشبه خلايا النحل أطلق على كل حجيرة منها مصطلح خلية Cellulae مستعملاً الكلمة اللاتينية التي تعني غرفة صغيرة Small room.

وبعد سنين قليلة أعلن انتوني فان ليفنهوك Antonie van Leeuwenhock عالم الطبيعة الألماني عن اكتشافه لأول مره خليه حيوانية سماها باللاتينية Animalicule وتعني حيوان صغير Little animal.

في عام 1838أعلن الألماني ماثيس شلايدن Matthias Schleiden بعد دراسته لأنسجة النبات مقولته الأولى في النظرية الخلوية Cell theory والتي مفادها : أن جميع النباتات تحتوي على خلايا.

أما في عام 1839 التالي فقد نشر ثيودر شفان Theodor Schwann تقريراً بين فيه أن جميع الحيوانات تحتوي على خلايا أيضاً.

لذلك فقد اعتبرت الأوساط العلمية كل من شلايدن وشفان Schleiden & Schwann مؤسسا النظرية الخلوية حيث عرفت بعد ذلك بإسميهما وسميت نظرية شلايدن وشفان Schleiden & Schwann.

مبادىء النظرية الخلوية Principles of cell theory :

تتضمن النظرية الخلوية في شكلها الحديث أربعة مبادىء وهي:

1. إن جميع الكائنات تحتوي على خلية واحده أو أكثر.
2. إن الخلية هي أصغر شيء حي.
3. إن الحياة على الأرض تمثل خط مستمر ومتصاعد من الخلايا المبكره Early cells.
4. تتكون الخلايا عن طريق إنقسام خلايا سبق أن تكونت Previously existing cells.

لم لا تكون الخلايا أكبر حجماً؟

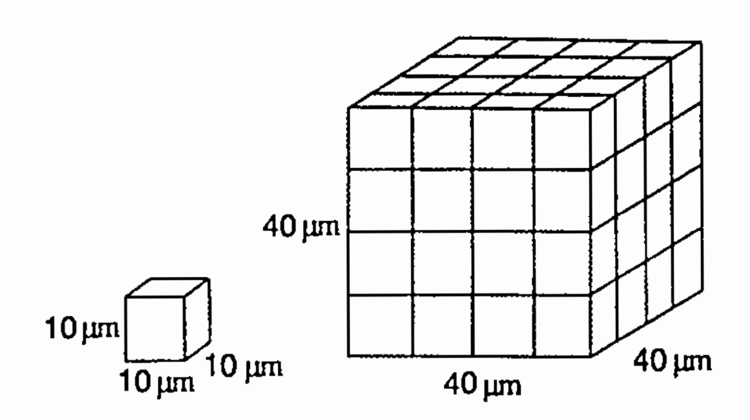
لقد أظهرت البحوث بأن للخلايا أحجام مختلفة. فإن حجم الخلية المفردة للطحالب البحرية Marine Alge المعروفة بالأستبيولارس Acetabularis مثلاً تكون كبيرة حيث تصل إلى ما

يقارب خمسة سنتمترات في الطول. أما جسم الإنسان فيحتوي على خلايا تبلغ أقطارها ما بين 5-20 مايكروميتر. كما أن جميع الكائنات الحية على الأرض تتكون من خلية واحده أو مجموعة خلايا هي جميعاً إمتداد لخلايا سبق أن تكونت من خلايا أولية.

لماذا تتكون أجسامنا من هذا العدد الكبير من الخلايا الصغيرة؟

تعد السيطرة المركزية في جميع الخلايا ضرورية لإدامة الحياة.وتنتقل المواد خلال عملية الإنتشار Diffusion. فإذا كانت الخلية كبيرة جداً فإنها لا يمكن أن تعمل بكفاءة عالية، لأن مرور المواد من النواة إلى جميع أجزاء الخلية بواسطة الإنتشار تستغرق وقتاً طويلاً لكي تصل إلى أطراف الخلية.

لذلك فإن فائدة صغر حجم الخلية تتجلى بما يصطلح عليه معدل نسبة السطح الى الحجم Surface - to - volume ratio. ومفاد هذا المصطلح هو أن سعة الخلية تزداد بزيادة الحجم أكثر من المساحة السطحية. لذلك فإن وجود عدد كبير من الخلايا الصغيرة يكون أفضل من وجود عدد قليل من الخلايا الكبيرة لأن الخلايا الصغيرة ستعمل بكفاءة علية وتكون لها فرصة أعظم لأن تتصل فيما بينها وكذلك مع المحيط (شكل رقم 1-1).

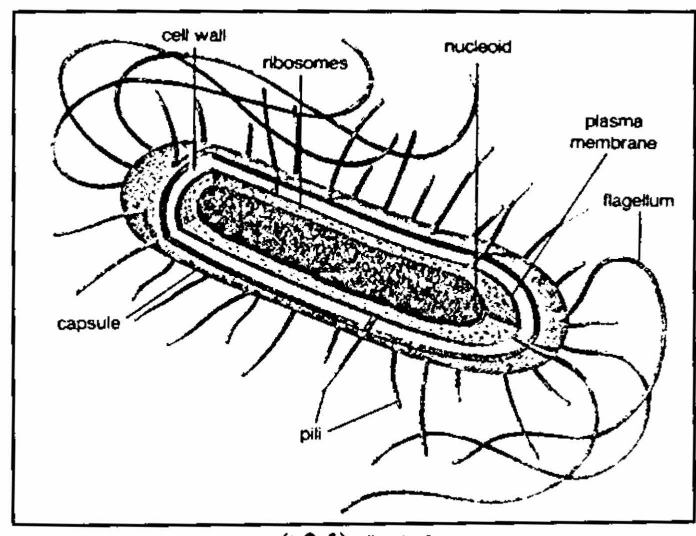


البناء الخلوي للبكتيريا Structure of Bacteria

تعد البكتيريا واحدة من الكائنات وحيدة الخلية. وهناك ما يقارب 2500 نوع من أنواع



البكتيريا المعروفة. وتختلف أشكال البكتيريا ما بين العصوية Rod-shaped والبيضوية Spherical واللولبية Spiral. وتلتصق البكتيريا أحياناً مع بعضها البعض لتكون مسبحة أو تكون على شكل متكتل. وهي صغيرة الحجم وتفتقر إلى التنظيم الداخلي وليس فيها نواة (شكل رقم 1-2 أ و ب).



شكل رقم (1-2 أ)
البناء الخلوي للبكتيريا

a.

شكل رقم (1-2 ب)

خلايا البكتيريا لها اشكال مختلفة كما ترى تحت المجهر



وكما هو الحال مع بقية الخلايا الحية فإن الخلية تحاط بغشاء بلازمي وتحفظ داخل جدار خلوي يتكون من مواد كربوهيدراتية تتخللها وحدات ببتيدية قصيرة. وفي بعض أنواع بكتيريا البناء الضوئي photosynthetic يتكون الغشاء من طيات تقع صبغات البناء الضوئي فوقها.

ولأن البكتيريا لا تحتوي على حجرات منفصلة عن بعضها فإن الأنزيمات والحامض النووي الرايبي منقوص الأكسجين (دنا DNA) يكون في تماس مع جميع أجزاء الخلية. كذلك يكون سايتوبلازم الخلايا البكتيرية وحدة واحدة في داخلها.

البناء الخلوي لحقيقية النواة Structure of eukaryotes :

وتعد هذه الخلايا أكثر تعقيداً من الأولى حيث تحتوي على عضيات تشابه تلك الموجودة في البكتيريا في الحجم والمظهر تدعى الميتوكوندريا Mitochondria وهي معامل الطاقة En-ergy factories في الخلية.

أما دواخل الخلايا حقيقية النواة فتشترك في بناء هندسي أساسي Basic architecture يحده غشاء بلازمي يحتوي على مادة خلالية Matrix تتكون من البروتينات تدعى الهيكل الخلوي Cytoskeleton ويحتوي على عدد من العضيات. وهناك نوعين من العضيات:

أ. عضيات تشتق من الغشاء وهي عضيات المرتبة الأولى (Class1) وتشكل:

1. الشبكة الأندروبلازمية
2. النواة
3. أجسام كولجي
4. الأجسام الحالة
5. الأجسام الدقيقة

ب. عضيات تحتوي على الحامض النووي الرايبي منقوص الأوكسجين (دنا DNA) وهي عضيات المرتبة الثانية (Class2) وتشمل :

1. الميتوكوندريا
2. البلاستيدات الخضر
3. الجسيمات المركزية



مقارنة بين الخلايا حقيقية النواة والخلايا بدائية النواة:

أثبتت الدراسات أن الخلايا حقيقية النواة تتميز بإحتوائها على الإختلافات المعنوية التالية:

1. ينقسم داخلها إلى حجرات بواسطة أغشية محددة تعمل على زيادة قابليتها على إجراء النشاطات البيوكيميائية.
2. يحزم الحامض النووي الرايبي منقوص الأوكسجين بشدة في الكروموسومات التي تحتوي أيضاً على البروتينات.
3. لا تحتوي الخلايا الحيوانية وبعض الطليعيات Protists على جدار خلوي.
4. تحتوي الخلية النباتية على فجوة عصارية Vacuole كبيرة وبذلك تختلف عن الخلايا الحيوانية التي لا تحتوي على فجوة وإن إحتوت عليها فإنها تكون متعددة وصغيرة.

وظائف الخلية الرئيسية:

يمكن إجمال الوظائف الرئيسة للخلية (شكل رقم 1-3) بما يأتي:

1. الايض Metabolism :

ويقصد به كافة االعمليات التي تحدث للمواد الغذائية بعد إمتصاصها والمتمثلة في البناء Anabolism حيث تتحول إلى عناصر مماثلة للبروتوبلازم، والهدم Catabolism حيث يتم تحطيم هذه المواد لغرض الحصول على الطاقة.

2. التنفس Respiration :

ويعني أكسدة المواد الغذائية داخل الخلية لإنتاج الطاقة بوجود الهواء. أما عند عدم وجود الهواء فتلجأ الخلية لتوليد الطاقة عن طريق تخمير الكربوهيدرات حيث ينتج عنها حامض اللبنيك وحامض الكاربونيك والكحول.

3. الإفراز Secretion:

وتفرز الخلايا العديد من المواد العضوية مثل الأنزيمات والهرمونات وغيرها.

4. الإخراج Excretion:

وهي عملية التخلص من الفضلات والمواد إلى خارج الجسم عن طريق البول والعرق وغيرها.



1- IRRITABILITY

2- CONTRACTILITY

3- NUTRITION

4- EXCRETION

5- RESPIRATION

6- REPRODUCTION

Oxygen (in solution)
Waste Products (in solution)
Carbon Dioxide (in solution)
Water periodically expelled at surface

شكل (رقم 1-3)
بعض وظائف الخلية الرئيسة

1- قابلية الاثارة
2- قابلية التقلص
3- التغذية او الامتصاص
4 - الاخراج
5- التنفس
6- التكاثر



5. الإمتصاص Reabsorption أو التغذية Nutrition :

وهي قدرة الخلايا على إدخال العناصر الغذائية والمواد التي تحتاجها إلى داخل الخليا لغرض الإستفادة منها.

6. التكاثر Reproduction :

وهي قدرة الخلايا على التوالد وزيادة أعدادها للمحافظة على النوع.

7. النمو Growth :

ويقصد به قدرة الخلايا على زيادة حجمها ونموها المطرد.

8. الحركة Movement :

ويقصد بها أما حركة العضيات والمكونات الأخرى داخل الخلية وتعرف بالحركة الداخلية أو إنتقال الخلية من مكان إلى آخر وهي الحركة الخارجية مثل حركة النطف الذكرية أو البويضات الأنثوية.

9. قابلية التقلص Contractility:

وهي قدرة الخلية على تغيير شكلها وحجمها ويقصد به التصغير نتيجة استجابتها لمنبه معين مثلاً.

10. قابلية الإثارة Irritability or Excitability:

وهي قدرة الخلية على الإستجابة بردود أفعال نتيجة تعرضها لمنبه كيميائي أو فيزيائي، وقدرة الخلية على نقل هذا المنبه من مكان حدوثه إلى مكان آخر في الخلية.

فسيولوجيا الخلية Cell Physiology :

وهو العلم الذي يتناول الطرائق والسبل التي تقوم بواسطتها الخلية بجميع عضياتها وأجزاءها المختلفة بأداء وظائفها الحيوية.

علم الخلية Cytology:

وهو العلم الذي يتناول دراسة الخلية من جميع نواحيها الفسيولوجية والتركيبية.



ويبدو أن علم الخلية وثيق الصلة بعلم الوراثة الذي يهتم بالجينات الوراثية الموجودة على الكروموسومات Chromosomes التي تكون نواة الخلية، لذا يشار إليهما بإسم مشترك هو علم الوراثة الخلوية Cytogenetics.

كذلك إرتبط علم الخلية بطرائق التصنيف الحديث التي تعتمد على الفروقات بين أعداد الكروموسومات وأشكالها وأنواعها. كما يرتبط علم الخلية إرتباطاً وثيقاً بعلم الأجنة والفسيولوجي وعلم الأمراض والعلوم الطبية الأخرى بصورة عامة.

وتعزى بعض الأمراض إلى إضطرابات ونمو غير منضبط في بعض الخلايا وأكثر هذه الأمراض شهرة هو السرطان Cancer.

ولعل هذه الحقائق والإكتشافات هي التي دعت واحد من أكبر العلماء هو جودارد God-dard أن يعلن عام 1958 مقولته المشهورة وهي: إذا تيسر لنا أن نفهم الخلية فهماً حقيقياً فإننا سنفهم عندها كنة الحياة.

وقد توالت إكتشافات الخلية وأجزائها وعضياتها نظراً لما أولاه الباحثين من أهمية في دراساتهم.

ففي عام 1831 لاحظ روبرت براون Robert Brown وجود جسم كروي متميز داخل الخلية أسماه النواة Nucleus.

وفي عام 1839وعام 1946 لاحظ كل من بركنجي Purkinji وفون موهل von Mohl على التوالي وجود مادة غروية داخل الخلية، الأول وجدها في الخلايا النباتية والثاني وجدها في الخلايا الحيوانية وقد أطلق إسم البروتوبلازم Protoplasm على هذه المادة والتي عرفت بالمادة الحية أو الأساسية للخلية.

وفي عام 1888 إكتشف العالم والدير Waldeyer كروموسومات الخلية.

وفي عام 1890 وصف العالم التمان Altman أجساماً دقيقة في سايتوبلازم الخلية سميت بالميتوكوندريا Mitochondria.

أما في عام 1898 فقد لاحظ العالم كولجي Golgi وجود تركيب خاص في سايتوبلازم الخلية سماه في البداية الشبكة الداخلية ثم عرف فيما بعد باسمه وهو جسم كولجي Golgi body.



تركيب الخلية Structure of the cell

تحتوي الخلايا على تركيب وعضيات يمكن إجمالها بصورة عامة (شكل رقم 1-4) كما يأتي:

شكل رقم (1-4) مكونات الخلية الحية



1. البرتوبلازم Protoplasm:

وهي المادة الحية أو الأساسية التي تتكون منها جميع خلايا الكائنات الحية نباتية كانت أم حيوانية وتقع داخل الخلية ويحيط بها غشاء الخلية.

ويختلف البروتوبلازم من حيث التركيب والخواص الطبيعية والكيميائية والبايولوجية من خلية لأخرى. كما تختلف هذه الخصائص في الأجزاء المختلفة في الكائن الواحد. وللبروتوبلازم خواص عامة مميزة، حيث يوجد على شكل مادة هلامية نصف شفافة قريبة الشبه بالجلاتين السائل.

والبروتوبلازم مادة بالغة التعقيد من حيث التركيب الكيميائي ولا تعرف مكوناته بصورة دقيقة. إلا أنه يمكن القول أن البوتوبلازم تركيب كيميائي عام يشمل المواد التالية:

أ. مواد لا عضوية وتشمل :

الماء ونسبته	%90-85
العناصر المعدنية ونسبتها	%1.5-1

ب. مواد عضوية وتشمل:

بروتينات ونسبتها	%10-7
كاربوهيدرات ونسبتها	%1.5-1
دهون ونسبتها	%2-1

2. النواة Nucleus:

وهي أبرز مكونات الخلية وأكثرها وضوحاً، وتسيطر على الأفعال الحيوية. فوجود النواة أساسي للحياة لأن الخلية تعتمد اعتماداً كبيراً في أدائها لوظائفها على تبادل المواد المختلفة بين النواة والسايتوبلازم. والخلايا التي تفقد أنويتها تتحلل وتموت. فإذا جزئنا الأميبا إلى جزأين إحداهما تحتوي على نواة والأخرى خالية منها، فإن الجزء الحاوي على النواة يستمر في النمو بينما يتحلل الجزء الأخر. وقد لوحظ أن بعض الكائنات البدائية يمكن أن لا تحتوي على نواة بالصورة المعروفة وإنما بعض حبيبات المادة النووية. ولا توجد نواة حقيقية في البكتيريا.

وتتركب النواة من الأجزاء التالية (شكل رقم 1-5):

nucleoplasm
nucleolus
chromatin
nuclear envelope
nuclear pores
0.5 µm
outer membrane
inner membrane
nuclear pore complex
central plug
pore complex granules
50 µm

شكل رقم (1-5)
نواة الخلية وتركيبها المختلفة

أ. **الغشاء النووي** Nuclear membrane:

يحيط بالنواة ويتحكم بعملية الإتصال المباشر بين محتويات النواة والسايتوبلازم.

ب. **السائل النووي** Nucleoplasm:

وهو مادة عديمة اللون يملأ النواة وتنغمس فيه جميع محتوياتها ويلعب دور في توفير المواد الغذائية والوسط المناسب لمكونات الخلية.

ج. **النوية** Nnucleolus:

جسم صغير كروي تقريباً، له علاقة بتكوين البروتينات. وقد تحتوي النواة على نوية واحدة أو أكثر وتتكون من حامض (رنا RNA) وتلعب دوراً في إنتاج البروتينات وعناصر الوراثة وتعد ضابطة الإيقاع في الخلية.



د. الأجسام الكروماتينيه (الكروموسومات) Chromatin Masses:

وهي عبارة عن خيوط رفيعة متشابكة (تبدو على شكل شبكة). وهي مسؤولة عن نقل الصفات الوراثية من الآباء إلى الأبناء وعددها ثابت في أفراد النوع الواحد. ولا تشاهد الكروموسومات في النواة إلا أثناء الإنقسام تبدو على شكل خيوط داكنة الصبغة.

هـ. جسم بار Barr Body:

وهو جسم كروماتيني صغير أكتشف من قبل العالمين بار وبرترام Barr & Bertram عام1949 في أنوية الخلايا المختلفة لإناث الحيوانات. ويمكن بواسطة هذا الجسم التعرف على جنس الجنين عن طريق أخذ عينة من السائل الامنيوتي الذي يسبح فيه الجنين في بطن الأم الحامل في حالة مبكرة مابين 15-16 يوماً بعد بدء الحمل.

و. الأحماض النووية Nucleic Acids:

تتركب النواة أساساً من مواد معقدة التركيب تتكون من وحدات بسيطة تسمى النيوكليتيدات Nucleotides (يتكون كل منها من سكر خماسي يرتبط به حامض الفسفوريك من جانب وجزء من مادة نايتروجينية قاعدية من جانب آخر).

3. السايتوبلازم Cytoplasm:

تتميز الكتلة البروتوبلازمية للخلية من جزأين رئيسين. جزء داخل النواة يسمى النيوكليوبلازم Nucleoplasm وجزء أخر يحيط بالنواة يسمى السايتوبلازم Cytoplasm أو هايلوبلازم Hyaleoplasm. والسايتوبلازم هو المادة الحية التي تشغل الحيز بين النواة والغشاء الخلوي البلازمي، ويحتوي على تركيب وعضيات الخلية. وتحاط الخلية بأكملها بغشاء بلازمي plasma membrane يعمل على حماية الأجزاء الداخلية للخلية بالإضافة إلى تنظيم تبادل المواد بين الخلية والمحيط الخارجي.

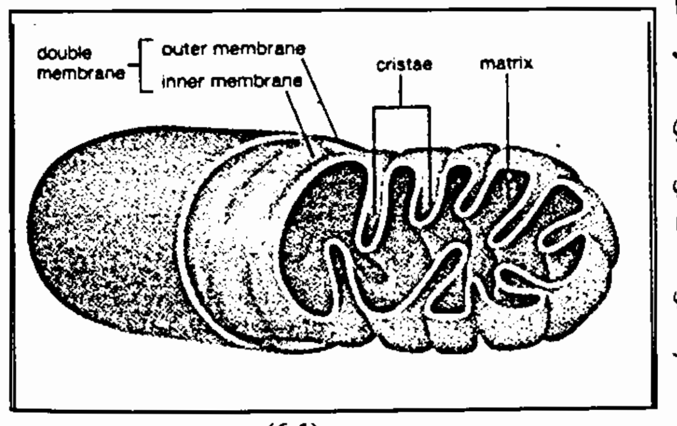
ويحتوي السايتوبلازم على عدة تراكيب تسمى العضيات السايتوبلازمية Cytoplasmic Organelles كما يحتوي على مواد غير حية تسمى الميتابلازم Metaplasm.

ومن العضيات الحية: الميتوكوندريا والبلاستيدات والريبوسومات واجسام كولجي وغيرها.

ومن العضيات غيرالحية:الغشاء والحبيبات الدهنية والكلايكوجين وبعض الصبغات وغيرها.

4. الميتوكندريا Mitochondria:

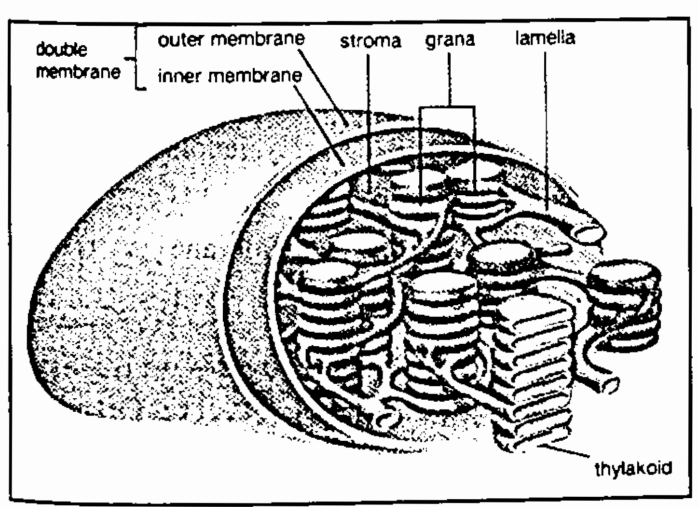
أجسام سايتوبلازمية تعتبر مراكز لأنزيمات التنفس وإنتاج الطاقة وتخزينها على شكل ATP لذلك يطلق عليها إسم بيوت الطاقة في الخلية. وتوجد في الخلايا على هيئة حبيبات أو عصي قصيرة أو خيوط وعددها ثابت حسب نوع الخلايا. ولا يمكن مشاهدتها بالمجهر العادي وإنما ترى بالمجهر الإلكتروني على هيئة أكياس يحيط بها غشاءان رقيقان الخارجي مستوى والداخلي متعرج. وتكثر أعداد الميتوكوندريا في خلايا الكبد والعضلات لكثرة حاجتها للطاقة (شكل رقم 1-6).



شكل رقم (1-6)
المايتوكوندريسا او بيوت الطاقة في الخلية كان يعتقد بان هذه العضيات شكل من اشكال البكتيريا فيما مضى

5. البلاستيدات Plastides:

عضيات كثيراً ما تحتوي على صبغات معينة لأداء وظائف كالبلاستيدات الخضر التي تحتوي على الكلوروفيل Chlorophyl في الخلايا النباتية للقيام بعملية التركيب الضوئي. وبعضها تبدو بيضاء لإفتقارها إلى الصبغات حيث تعمل على تخزين المواد النشوية أو الدهنية أو البروتينات (شكل رقم 1-7).



شكل رقم (1-7)
البلاستيدات الخضر كما ترى تحت المجهر



6. الشبكة الاندوبلازمية Endoplasmic Reticulm:

وهي شبكة من الممرات والتجاويف المحاطة بأغشية، تمتد في كافة أرجاء السايتوبلازم وتتصل في بعض أجزاءها بالغشاء الخلوي من جهة وبالغشاء النووي من جهة أخرى، وهي نوعان:

أ. **الشبكة الأندوبلازية الخشنة Rough E. R.** : تتميز بوجود عدد كبير من الحبيبات الدقيقة على سطوحها وهي الريبوسومات الغنية بحامض (دنا DNA). ووظيفتها الرئيسية هي النقل الداخلي حيث تعمل على تسهيل حركة المواد داخل الخلية وخاصة البروتينات والهرمونات والأنزيمات.

ب. **الشبكة الأندوبلازمية الملساء Smooth E. R.**: وسميت ملساء لعدم وجود الريبوسومات على سطوحها ووظيفتها صنع الدهون والهرمونات الستيرويديه. وتكون غير متصلة بالشبكة الخشنة وتتكون من قنوات أنبوبية منبسطة على الأغلب.

7. الريبوسومات Ribosomes:

وهي حبيبات سايتوبلازميه صغيره توجد على سطوحها الشبكة الأندوبلازمية أو موزعه بين أجزائها وتعطيها مظهرا خشنا. وتمثل مواقع تخليق بروتينات الخلية. لذلك فهي تتواجد في جميع الخلايا التي تتميز بنشاطها في بناء البروتين مثل خلايا الكبد والبنكرياس.

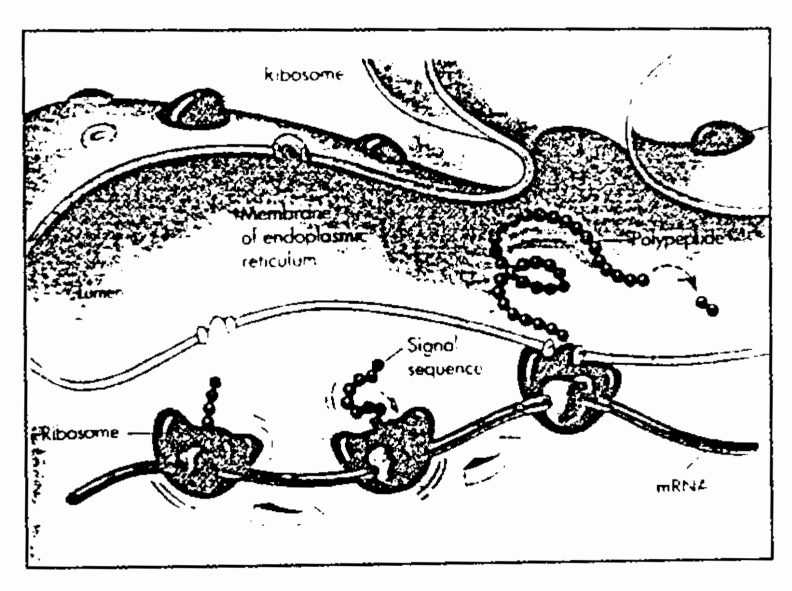
8. اجسام كولجي Golgi Bodies:

إكتشفها العالم كاميلو كولجي Camilo Golgi عام 1898 في الخلايا العصبية. ولهذه الأجسام موضع خاص في الخلايا المختلفة حيث تقوم بدور هام في تكوين المواد الإفرازية مثل المواد الخام التي تتكون منها الأنزيمات وإفراز الصفراء والمواد المخاطية، والهرمونات. وأجسام كولجي عبارة عن مجموعة من الفجوات المنبسطة تتصل بالشبكة الأندوبلازمية الناعمة بواسطة حويصلات تحتوي على حبيبات إفرازية. ووظيفتها الرئيسية إفراز وإنتاج المواد داخل الخلية والتي تتكون من البروتينات السكرية Glycoproteins (شكل رقم 1-8).

9. الليسوسومات (الاجسام الحالة) Lysosomes:

اكتشف من قبل العالم ديدوف Deduve في خلايا كبد الثديات عام 1955. وهي عبارة عن





شكل رقم (1-8)
اجسام كولجي يظهر في المخطط كيفية دخول البروتينات الى داخل الاجسام

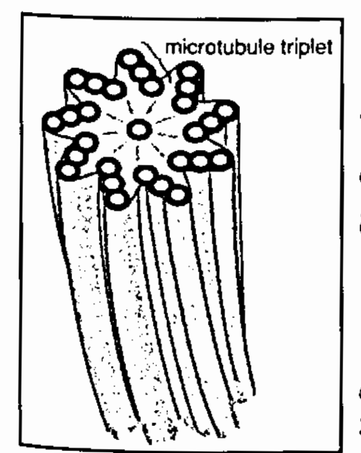
أكياس صغيرة تلعب دوراً مهماً في عملية الهضم داخل الخلية، وتحلل البروتينات والأحماض النووية وكذلك عمليات أيض الكربوهيدرات وغيرها مثل خلاياالكبد والكلية والأمعاء الدقيقة. كما تلعب دوراً في التخلص من محتويات الخلايا والأنسجة في ظروف مينة مثل ما يحدث أثناء تحول البرمائيات حيث يتم إتلاف وتحلل وإختفاء الذيل.

10. الفجوات العصارية Contractile Vacuoles:

وهي فجوات صغيرة متعددة في سايتوبلازم الخلية الحيوانية، وفجوة واحدة كبيره في الخلية النباتية تحتوي على عصير خلوي يتكون من أملاح وكاربوهيدرات وأصباغ يفصلها عن السايتوبلازم غشاء ذو خواص أوزوموزية.

11. السنتريول Centriol:

ويتعلق بتجميع وتنظيم النبيبات الدقيقة Microtubules في الخلايا الحيوانية بشكل عام. والنبيبات الدقيقه عبارة عن أوعية مجوفة تتكون من بروتين الوعاءين Tubulin (شكل رقم 1- 9).



شكل رقم (1-9)
تركيب السنتريول



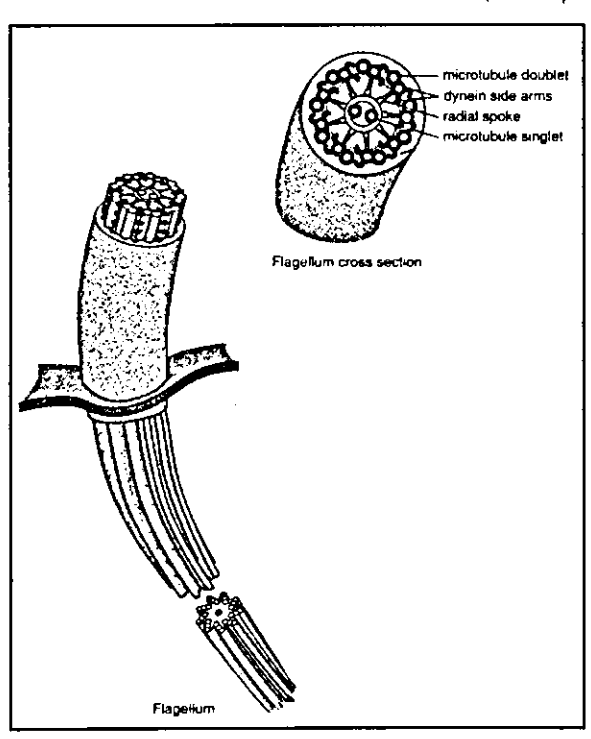
وللسنتريولات تأثير على شكل الخلية، كما أنها تحرك الكروموسومات أثناء الإنقسام الخلوي، وتوفر البناء الداخلي الفعال للأسواط والأهداب. وهناك في كل خلية زوج من السنريولات تقع اعتياديا في السايتوبلازم قرب الغلاف النووي.

ولا تحتوي النباتات والفطريات على سنتريول أو جسم مركزي. ويشبه السنتريول بكتيريا سبايروكيت Spirochaete مما جعل الباحث لون مارجلس Lynn Margulis يعتقد بأنها تطورت في الأصل من هذه البكتيريا. ولكن الباحث ديفيد لك David Luck أوضح عام 1989 بأن بعض السنتريولات تحتوي على حامض دنا DNA الذي يدخل في إنتاج البروتينات.

12. الأسواط Flagella:

وهي عضيات طويلة ورفيعة تشبه الخيوط Thread-like تخرج من سطوح الخلايا وتستعمل لغرض الحركة والتغذية (شكل رقم 1-10).

ففي البكتيريا مثلا يكون السوط عبارة عن ليف بروتيني طويل يعمل على تحريك البكتيريا بمسافة تعادل أقطار 20 خلية مجتمعة في الثانية الواحدة. وتكون الحركة الدورانية حول الجسم هي الشائعة في أنواع البكتيريا. وتحتوي خلايا الكائنات حقيقية النواة على أسواط تتكون من نبيبات دقيقة. ويخرج السوط من جسم مركزي Basal body يتكون من دائرة يحتوي على تركيب يسمى (9+2) حيث تحتوي على تسعة أزواج من النبيبات الدقيقة المحيطيه Pe-ripheral وإثنين مركزية Central.



شكل رقم (1-10)

في حقيقة النواة يخرج السوط مباشرة من الجسم القاعدي ويتكون من تسعة ازواج من الانابيب الدقيقة اضافة الى زوج آخر من هذه الانابيب يقع في الوسط

13. الأهداب Cilia

ولا تختلف عن الأسواط في التركيب ولكن عملها الأصلي هو تحريك الماء فوق سطوح الأنسجة. وفي أنسجة الإنسان



أنواع عديدة من الأهداب تصطف لتحريك الماء فوق السطوح النسيجية. كما أن الشعيرات الحسية Sensory hairs الموجودة في إذن الإنسان تحتوي على نفس التركيب المعروف في الأسواط (9+2) وتقوم بالإنحناء حسب الضغوط للمساعدة في نقل الإحساسات السمعية.

14. الهيكل السايتوبلازمي Cytoskeleton

شكل رقم (1-11) الهيكل السايتوبلازمي

هذا الشكل التخطيطي يوضح مقطعاً عرضياً في خلية حقيقية النواة حيث تظهر المايتوكوندريا والريبوسومات والشبكة الاندوبلازمية التي تدعمها شبكة دقيقة من الشعيرات تمر من خلال انابيب دقيقة تربط الاجزاء المختلفة للخلية.



يتألف السايتوبلازم في جميع الخلايا من شبكة من الألياف المتشابكه مع بعضها البعض والتي تعمل على إسناد شكل الخلية وتثبيت عضياتها تعرف بالهيكل السايتوبلازمي أو الخلوي. وتشكل ألياف الهيكل السايتوبلازمي جهاز حركي Dynamic system يتكون فيه كل ليف من بوليوميرات تتصل فيها الوحدات الجانبية للبروتينات كيميائيا مع بعضها البعض لتكون سلاسل طويلة (شكل رقم 1-11). وتحتوي الخلايا الحيوانية والنباتية على ثلاثة أنواع من الألياف هي:

1. ألياف بروتينية طويلة تسمى خيوط الأكتين Actin filamentes أو الخيوط الدقيقة Microfilaments.
2. أوعية مجوفة Hollow tubes تسمى النبيبات الدقيقة Microtubules.
3. حبال بروتينية تسمى الألياف الوسطية Intermediate fibers.

وتعتبر خيوط الأكتين والألياف الوسطية مثل المرساة Anchored للبروتينات المطمورة في الغشاء البلازمي، كما أنها تجهز الخلية بإسناد ميكانيكي. وتعمل الألياف الوسطية عمل الروابط ما بين الخلوية حيث تمنع أي زيادة في الشد الخلوي. كما يوفر الهيكل السايتو بلازمي أماكن لمواقع الأنزيمات والجزيئات الكبيرة الأخرى في السايتوبلازم. ولخيوط الأكتين والنبيبات الدقيقة دور مهم في حركة الخلية. ومن الأمثلة على ذلك حركة رموش العين وطيران النسور والتقلص العضلي.

15. الغشاء البلازمي Plasma membrane:

يتكون الغشاء البلازمي كما نعرفه الآن من طبقتين Bilayer من اللبيدات الفوسفاتية Phospholipids وفيها بروتينات مطمورة Embeded proteins تعمل على تنظيم ما يدخل إلى الخلية وما يخرج منها.

وتظهر هذه الطبقات تحت المجهر الإلكتروني. E.M وكأنها تتكون من خيطين مظلمين Two dark lines يفصل بينهما منطقة مضيئة Light area يبلغ سمكها 7 نانوميترات. ويبدو أن هذا المظهر ناتج عن إلتقاء ذيول Tails جزيئات اللبيدات الفوسفاتية المصطفة في الطبقتين من الداخل.

ال أ ' ع عديدة من البروتينات المطمورة في الغشاء البلازمي والتي تسيطر على لية ومحيطها الخارجي. وتتميز ثلاثة أنواع رئيسة من هذه البروتينات هي:



1. القنوات Channels : وتعمل كأبواب تتحكم بالسماح لبعض الجزيئات الخاصة من الدخول إلى الخلية مثل أيونات الصوديوم والسكر.

2. المستلمات Receptors : وتعمل على نقل المعلومات Information مثل الهرمونات.

3. المعلمات Markers : وتعمل على تشخيص وتعليم الخلايا، لأن على الخلايا أن تعرف بعضها البعض لتكوين النسيج والعمل بصورة صحيحه.

ج. إنتقال المواد عبر الأغشية الخلوية

Cell membranes



ج - الأغشية الخلوية Cell membranes

من المعروف أن جميع المواد الموجودة داخل الجسم من سوائل وعناصر معدنية تكون في حركة دائمة من وإلى داخل الخلايا. وتتم عبر الأغشية الخلوية Cell membranes التي يستوجب أن تكون ذو نفاذية معينه بحيث تسمح بمرور بعض المواد بينما تمنع مرور مواد أخرى حسب حاجة الخلية. ويلاحظ أن تركيز بعض الأيونات والشحنات داخل الخلية يختلف عما هو عليه خارج الخلية، وهذا يعني أن غشاء الخلية يعمل حاجزاً يمنع إختلاط نفس هذه الأيونات أو المواد على جانبي الغشاء. وتهدف حركة الأيونات أو المواد المستمرة من وإلى داخل الخلايا إلى المحافظة على التركيب الداخلي للخلية، حيث توفر وسطاً معيناً يجعل الجهاز البيوكيميائي للجسم يعمل بشكل سليم وبصورة منتظمة. كما أنه يعمل على المحافظه على ثبوتية تركيز العناصر والأيونات والمواد التي يتم إستهلاكها أو إفرازها.

كما يشكل الغشاء الخلوي مرتكزاً ترتبط فيه بعض الهرمونات والمواد الكيميائية الناقلة بالإضافة إلى أنه موضع للمستقبلات Rceptors التي تعمل على إرتباط الخلايا ببعضها البعض وكذلك إرتباط المواد بغشاء الخلية.

تركيب الغشاء Membrane structure

نحن نعرف الآن بأن التركيب الأساسي للغشاء يتكون من طبقتين من الدهون Lipid bilayer. ولكن معرفتنا هذه جاءت عن سلسلة من الدراسات التي قام بها باحثين أجلاء واستمرت سنين عديدة.

ففي عام 1925استطاع إثنين من اختصاصيو الكيمياء الحيوية الألمان Dutch Bio-chemists هما جوردر Gorder وجرندل Grendel من استخلاص اللبيدات الفوسفاتية phyospholipids من أغشية كريات الدم الحمر في الإنسان. وعند وضعها في الماء وجد الباحثان أن هذه اللبيدات الفوسفاتيه كونت طبقة واحدة Monolayer فوق الطبقة العليا للماء. وعند دراستها بشكل معمق ظهر أن مجموعات الرأس القطبية Polar head groups لهذه اللبيدات تواجه الماء. بينما تواجه النهايات الهيدروكاربونية للأحماض الدهنية Hydrocarbon fatty acid ends أو الذيول Talis بعضها البعض.



وعند قياس المساحة السطحية للبيدات وجد أنها ضعف Twice المساحة السطحية لأغشية كريات الدم الحمر التي استخلصت منها.

ومن هذه الدراسة استنتج الباحثان جوردر وجرندل Gorder &Grendel ان الأغشية البيولوجية عبارة عن طبيقتين Bilayers من الدهون الفوسفاتيه، تكون فيها مجموعات الرأس القطبية (الرؤوس) مواجهة للماء (اليفه للماء Hydrophilic) وإذا حدث أن وضعت اللبيدات الفوسفاتية Phospholipids في الماء وانتشرت فيه فانها تكون طبقتين (او تكون شعاعية مذيلة Micelles) وتكون القوة الدافعة لها هنا ممثلة بالتأثر الكاره للماء Hydrophobic Effect.

فلو أخذنا جزيئة الماء H_2O مثلاً نرى انها قطبية Polar molecule تكون فيها ذرة الهيدروجين موجبة الشحنة والاكسجين سالبة الشحنة لذلك وبسبب هذه القطبية نرى أن الماء يكون عناقيد Clusters معلقة بواسطة الروابط الهيدروجينية Hydrogen-bonding التي تربط فيما بينها وتعرف هذه الروابط بالتأثير الكاره للماء.

لذلك يمكن اعتبار جزيئات اللبيدات الفوسفاتية Phosphlipids على انها ثنائية الألفة Amphipathic حيث أنها تتكون من :

1- مجموعات الرأس القطبية اليفة الماء Hydrophilic او المحبة للماء Water loving.

2- سلاسل النهايات الدهنية كارهة الماء Hydrophobic او الخائفة من الماء Water fearing.

أما في عام 1930 فقد استطاع الباحثان دانيللي Danielli ودافسون Davson من معرفة أن الغشاء يحتوي أيضاً على بروتينات.

وحسب هذا الإعتقاد فقد ظهر نموذج جديد للغشاء يحتوي بالإضافة إلى النموذج السابق على جزيئات البروتينات وهي ملامسة فقط للاطراف الخارجية من الغشاء ومتحصله مع مجموعات الرأس القطبية.

وفي عام 1950 وبعد ان عرف ان هذه البروتينات لها اهمية في انتقال الجزيئات القطبية خلال الغشاء. قام دانيللي وادافسون بتعديل نموذجها بحيث جعلا البروتينات تغطي السطح وتنحرف أحياناً لتأخذ طريقها خلال الغشاء لتكون المسامات Pores. اما في عام 1972 فقد وضع العالمان سنكر Singer ونكلسون Nicholson نموذجهما المقبول علميا لحد الآن وهو النموذج الموازائيكي السائل Fluid Mosaic Model (شكل رقم 1-12). وتشير القاعدة

carbohydrate chain
glycolipid
glycoprotein
outer surface
hydrophobic region
protein molecule
inner surface
phospholipid bilayer
hydrophilic regions
cholesterol
cytoskeleton filaments

شكل رقم (1-112)

النموذج الموزائيكي السائل كما اقترحه سنكر ونكلسون للغشاء البلازمي

العامة لهذا الغشاء بأن البروتينات تكون كروية Globular حيث تكون مطمورة في الطبيقتين. لذلك فقد اعتقد العالمان سنكر ونكلسون أن البروتينات تكون متحركة Mobile وشبهت على أنها مثل الكتل الثلجية التي تطفو على بحر دهني. كما يحتوي الغشاء على الكربوهيدرات والبروتينات المرتبطة به بالإضافة إلى الكولسترول Cholestrol.

الشكل المعماري للغشاء البلازمي Architecture of plasma membrane

تحتوي الخلايا حقيقية النواة على عدة أنواع من الأغشية التي تتشابه جميعها في احتوائها على طبقتين من اللبيدات المفسفرة ولكنها تختلف بما تحتويه من الجزيئات المطمورة فيها.

ومع ذلك فإن جميع الأغشية تجتمع بكونها تحتوي على أربعة مكونات وهي:

1. طبقتين من اللبيدات المفسفرة Phosphlipid bilayer
2. بروتينات الغشاء المطموره والطافيه ما بين الطبيقتين Membrane proteins.

3. شبكة من الألياف الساندة Supporting fibers (شكل رقم 1-12ب).

شكل رقم (1-12ب)

الالياف والبروتينات الساندة للغشاء البلازمي

4. كاربوهيدرات دهنية خارجية Exterior glycolipids، والتي تشمل الكربوهيدرات والدهون المرتبطة بالغشاء.

لذلك يمكن وصف الغشاء البلازمي بكونه يحتوي على طبقتين من اللبيدات المفسفرة تعترضها وتنطمر فيها أحيانا بروتينات تعرف بالبرتينات المحيطة أو الخارجية Peripherel or extrinsic proteins تتصل أحياناً بسلاسل من الكاربوهيدرات مكونه بروتينات كاربوهيدراتيه Glycoproteins.

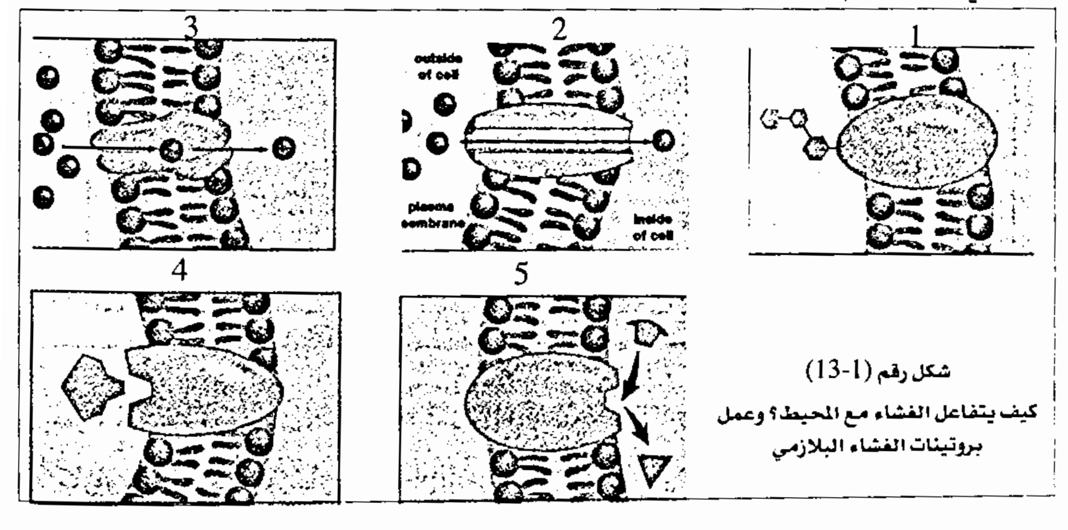
أما النوع الأخر من البروتينات فتخترق الغشاء وتعرف بالبرتينات المكملة أو الداخلية In-tegral or intrinsic proteins وتشكل حوالي 70% من بروتينات الغشاء. وتقترن أحياناً بالكاربوهيدرات لتكون بروتينات كاربوهيدراتية أو بالدهون لتكون بروتينات دهنية



Lipoproteims. وتكون هذه البروتينات أما قنوات أو مستلمات أو علامات في الغشاء البلازمي.ويوجد بالإضافة إلى هذه المكونات مادة الكولسترول Cholestrol الذي يعمل على تقليل نفاذية الغشاء ومرونته. ويتمتع الغشاد البلازمي بنفاذية اختيارية -Selective perme ability حيث يسمح لبعض المواد بالمرور خلاله بينما يمنع مواد أخرى من المرور.

كيف يتفاعل الغشاء مع المحيط؟

ينظم الغشاء الخلوي مرور المواد خلاله ويتفاعل مع المحيط بطرائق متعددة يمكن إجمالها بما يأتي (شكل رقم 1-13):



شكل رقم (1-13)
كيف يتفاعل الغشاء مع المحيط؟ وعمل بروتينات الغشاء البلازمي

1 يكون الغشاء نافذاً Permeable للماء.

2. تمر المواد الكتلوية Bulk إلى الخلية أما عن طريق البلع Engulf كقطع كبيرة أو تزدرد Gulp كسوائل.

3. يتمتع الغشاء بصفة النقل الاختياري Selective transport للجزيئات حيث يسمح بمرور بعضها ويمنع البعض الآخر.

4. يعمل الغشاء على استلام المعلومات Reception of information حيث يميز الرسائل الكيميائية Identify chemical messages.

5. يعبر الغشاء عن هوية الخلية Express cell identity حيث يحمل الجزيئات التي تعبر عن الإسم الذي يخبر الخلايا الأخرى بماهية من يكون.

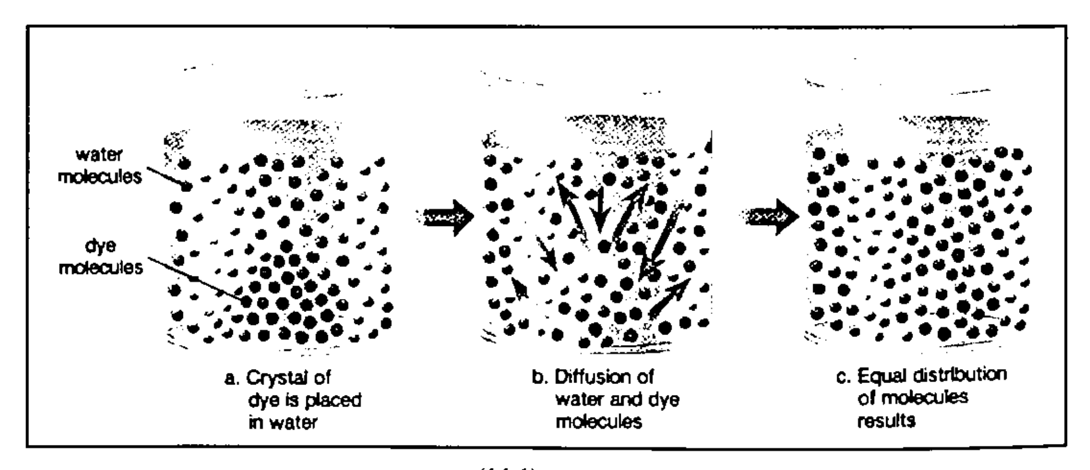
6. يتمتع الغشاء بإتصلات فيزيائية Physical connections مع الخلايا الأخرى.

مرور الماء عبر الغشاء Passage of Water

يمر الماء عبر غشاء الخلية بطريقتين:

1. الإنتشار Diffusion

وهي كلمة لاتينية الأصل Diffundere وتعني ينسكب إلى الخارج To pour out. وهي حركة جزيئية إلى منطقة التركيز الواطىء نتيجة الحركة المستمرة والتلقائية والعشوائية. ويعمل الإنتشار على توزيع الجزيئات بشكل منتظم (شكل رقم 1-14).



شكل رقم (1-14)

الانتشار Diffusion انتشار قطعة من السكر في الماء

ويسمى مزيج الجزيئات مع الماء بالمحلول Solution بينما تسمى المواد التي تذوب في الماء بالمواد المذابة Solutes.

2. النفاذية Osmosis

وهي كلمة لاتينية الأصل Osmos وتعني العمل على الدفع Act of pushing . وهي إنتشار الماء الذي يسمح بالمرور الحر للماء ولكنه يمنع مرور نوع واحد أو أكثر من المواد المذابة Solutes.



membrane
solute
carrier protein
outside
inside

شكل رقم (16-1)

الانتشار الميسر Facilitated diffusion نقل الجزئيات عبر الغشاء بواسطة حامل بروتيني Acarrier Protien

ب. أنه سالب Negative:

حيث إن إتجاه حركته الصافية Net movement يمكن أن تتحدد بالتركيز النسبي للمادة المراد نقلهاإلى داخل أو خارج الغشاء .

النقل الفعال Active transport

وهوإنتقال المواد المذابة Solutes عبر الغشاء من المنطقة ذات التركيز العالي بواسطة صرف طاقة كيميائية Chemical energy. وتحتاج هذه العملية إلى إستعمال حامل بروتيني Protein carrier.



ويستطيع النقل الفعال المحافظة على الجزيئات بتراكيز عالية داخل الخلية عما هو عليه خارجها بواسطة صرف طاقة بإدخال جزيئات أكثر إلى الداخل عن تلك التي تخرج بواسطة الإنتشار مثل أيونات الصوديوم Na^+.

أو المحافظة على الجزيئات بتراكيز واطئة داخل الخلية عما هو عليه خارجها بواسطة صرف طاقة بإخراج الجزيئات بصورة فعاله مثل أيون البوتاسيوم K^+.

ويعد النقل الفعال واحد من أهم الأفعال الضرورية لأي خلية. فبواسطة النقل الفعال تستطيع الخلية تركيز بعض الجزيئات عند الحاجة. وبدون النقل الفعال لا تستطيع أجسامنا الحصول على الجلوكوز glucose (الذي يعد مصدر مهم للطاقة) من الدم.

وهناك عدد من الجزيئات تستطيع الخلية الحصول عليها ضد فرق التركيز Against concentration gradient مثل السكريات والأحماض الأمينية. وهناك أيضاً الأيونات مثل الصوديوم والبوتاسيوم التي لها دور محرج critical role في نقل السيالات العصبية nerve impulses. وهناك أيضاً النيوكليوتيدات nucleotides التي تستعملها الخلية في صنع حامض دنا DNA.

وجميع أنواع الجزيئات هذه تدخل الخلية وتخرج منها بإختلافات واسعة بواسطة أنواع عديدة من قنوات نقل إختيارية Selective transport channels. فبعض هذه القنوات تكون نافذة للسكر مثلا، بينما تكون الأخرى نافذة للأحماض الأمينية والأخرى لأيونات خاصة أو للنيوكليوتيدات.

وهناك قناة رئيسية واحدة للنقل الفعال في الغشاء البلازمي التي تعمل على نقل أيونات الصوديوم والبوتاسيوم وتسمى مضخة الصوديوم – البوتاسيوم Na^+ -K^+ Pump. وتعمل القنوات الأخرى على حصر نشاطاتها بهذه القناة.

أما القنوات المتعددة في الغشاء والتي تستعملها الخلية لتركيز الأيونات والمواد الأيضية فتسمى القناة المزدوجة Coupled channel.

مضخة الصوديوم - البوتاسيوم Na^+ - K^+ Pump

تشير الدراسات إلى أن أكثر من ثلث مجموع الطاقة تصرفها الخلية على نشاطات نقل



أيونات الصوديوم والبوتاسيوم خلال الغشاء البلازمي للخلية. وتسمى القناة Channel التي بواسطتها تنتقل هذه الأيونات بمضخة الصوديوم - البوتاسيوم.وتحوي معظم الخلايا الحيوانية في داخلها على تركيز داخلي واطىء لأيون الصوديوم وتركيز داخلي عالي لأيون البوتاسيوم مقارنة بما هو عليه في المحيط الخارجي نسبياً.

ولغرض المحافظة على هذه التراكيز المختلفة تعمل الخلية على ضخ أيون الصوديوم إلى خارج الخلية وأيون البوتاسيوم إلى داخل الخلية. ويتم هذا النقل بسرعة فائقة.

ويتضمن مرور هذه الأيونات حدوث تغيرات في القناة التي يمر بها من خلال التغير في شكل البروتين وبشكل سريع جداً (شكل رقم 1-17) .

carrier protein

outside

inside

a. Carrier now has a shape that allows it to take up 3 Na^+.

b. Enzyme splits ATP, and phosphate group attaches to carrier.

c. Change in shape results that causes carrier to release 3 Na^+ outside the cell

d. Carrier now has a shape that allows it to take up 2 K^+.

e. Phosphate group is released from carrier.

f. Change in shape results that causes carrier to release 2 K^+ inside the cell

شكل رقم (1-17)

مضخة الصوديوم البوتاسيوم Na^+ - K^+ Pump

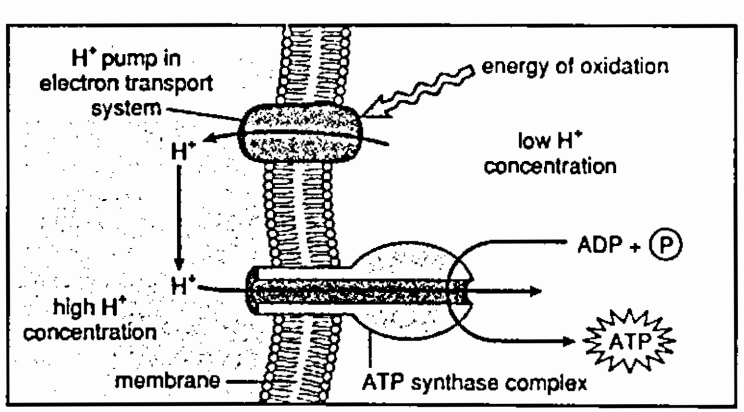


وتنقل مضخة الصوديوم - البوتاسيوم الأيونات من المراكز واطئة التركيز إلى المراكز عالية التركيز. وهذا النقل هو عكس ما يحدث في الحالة الإعتيادية في حالة الإنتشار. لذلك فإنه يحتاج إلى حرق طاقة ثابتة يحصل عليها من جزيئه الادينوسين ثلاثي الفوسفات ATP.

وتحتوي بعض الأغشية على عدد كبير من قنوات نقل الصوديوم- بوتاسيوم بينما لا تحتوي أغشية أخرى إلا على عدد قليل من هذه القنوات.وتستطيع كل قناة نقل حوالي 300 أيون صوديوم في الثانية الواحدة.

مضخة البرتونات Proton Pump

ويقصد بالبروتونات هنا أيون الهيدروجين H^+. وتعتبر مضخة البروتونات القناة الثانية في الأهمية بعد مضخة الصوديوم - البوتاسيوم في حياة الخلية. وفي هذه المضخة تنتقل البروتونات أيضاً ضد فرق التركيز كما أنها تحتاج إلى صرف طاقة (شكل رقم 1 - 18).



شكل رقم (1-18)مضخة البروتونات Proton Pump

القناة المزدوجة Acoupled channel

كما علمنا فإن مضخة الصوديوم - البوتاسيوم تحتفظ على تركيز أيونات الصوديوم بتراكيز عالية خارج الخلية عما هو عليه في الداخل. لذا فهناك ميل قوي لأيون الصوديوم للإنتشار رجوعاً خلال القناة المزدوجة. ويحتاج رجوع الصوديوم بصورة مستمرة نقل جزيئات مقابلة من السكر suger.

مرور المواد الكتلوية عبر الغشاء Passage of Bulk

الإدخال الخلوي Endocytosis

يستطيع الغشاء الخلوي التكيف لغرض إبتلاع الجزيئات الغذائية. لذلك تعمل حافة الغشاء على الإلتقاء بجزيئات الغذاء. ولأن من خاصية الغشاء أنه يحمل صفة الطبيعة السائلية في

طبقاته الدهنية. لذلك فإن الغشاء يندمج مع بعضه مكوناً غرفة مغلقة حول مكونات الغذاء تسمى الحويصلة Vesicle. وتعرف هذه العملية بالإدخال الخلوي Endocytosis.

والإدخال الخلوي مقطع لاتيني الأصل يتمكون من endon ويعني داخل withinو cytos وتعني خلية cell. ويتضمن الإدخال الخلوي التعامل مع المواد المحيطة وإدخال بعضها إلى سايتوبلازم الخلية باقتناصها في غرفة مغلقة داخل حويصلة.

ويشمل الإدخال الخلوي ما يأتي:

1. الإلتهام الخلوي Phagocytosis

وفيه تكون المادة التي تلتهم من قبل الخلية صلبة كأن تكون كائن أو أجزاء منه أو جزيئات غذائية وغيرها. والإلتهام الخلوي مقطع لاتيني الأصل يتكون من phagein ويعني يأكل to eat و cytos وتعني الخلية cell (شكل رقم 1-19).

شكل رقم (1-19) الادخال والاخراج الخلوي



2. الشرب الخلوي Pinocytosis

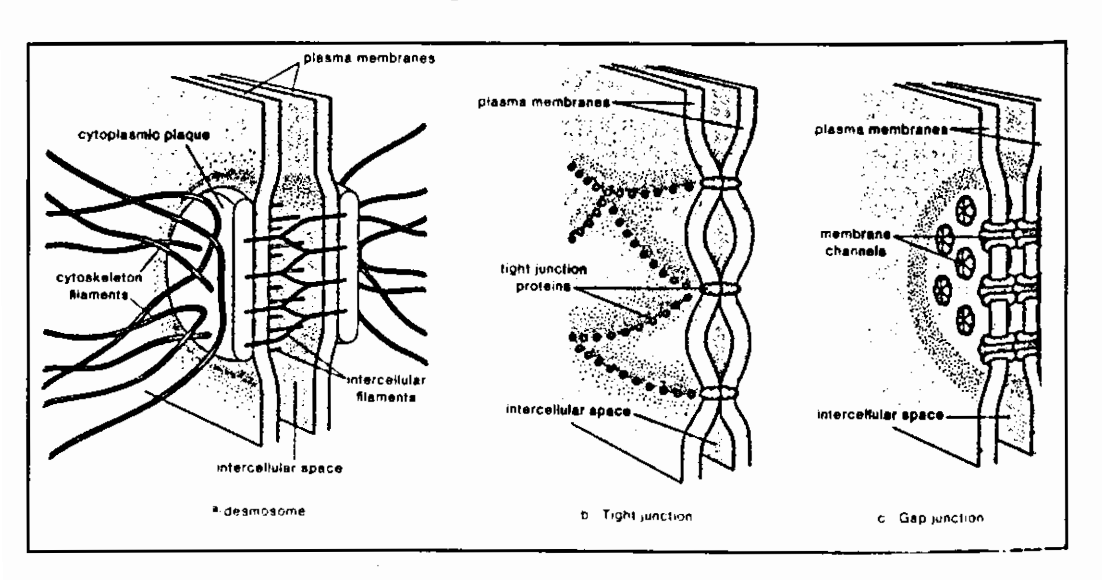
وفيه تكون المادة التي تلتهم من قبل الخلية سائلة وتحتوي على مواد ذائبة. والشرب الخلوي مقطع لاتيني الأصل يتكون من pinein ويعني يشرب to drink و cytos وتعني خلية cell . والشرب الخلوي شائع في خلايا الحيوانات متعددة الخلايا. فمثلاً نلاحظ أن إفراز البويضة البشرية من مبيض المرأة يتضمن إحاطتها بمادة غذائية تعمل على إحتضانها حتى تصل إلى مرحلة البلوغ عن طريق تزويدها بالغذاء بواسطة الشرب الخلوي (شكل رقم 1-19).

الإخراج الخلوي Exocytosis

وهو عكس الإدخال الخلوي، وفيه تتكون حويصلة تضم المواد الاخراجية مثلاً داخل الخلية ثم تقترب من الغشاء لتندمج معه مكونه انبعاج يعرف بالحويصلة مفتوحة الى الخارج حيث تلفظ المواد الاخراجية من سطح الخلية (شكل رقم 1 - 19 ـ)

أنواع الإلتحامات ما بين الخلايا Types of intercellular connections

هناك ثلاثة أنواع من الإلتحامات ما بين الخلايا وهي (شكل رقم 1-20):



شكل رقم (1-20) بعض انواع الاتصالات الالتحامية ما بين الخلوية

a- الجسم الرابط b- الالتحام المحكم c- الالتحام الفجوي

1. وصلات الإلتصاق Adhering junctions

وتسمى الجسم الرابط Desmosome أو نقطة الإلتصاق Nocula adherens. وتعمل على ربط الخلايا مع بعضها البعض وكأنها ملتحمة بوصلة بروتينيه. ويكون السايتوبلازم الواقع تحت الغشاءين في المنطقة ذو لييفات دقيقه عموديه تسمى خيوط التوتر Tonofilalments وتعمل على إسناد الخلية.

2. وصلات التنظيم Orgenizing junctions

وتعمل على ربط أجزاء الإتصال وتسمى الالتحام المحكم Tight junction أو نطيفة الإلتحام المحكم Zonula occludens وهي عبارة عن حزام من البروتين يحيط بالخلية ويجعلها ملتحمة في عدة نقاط حيث تنعدم الفسحات بين الخلوية. وتعمل على شكل غطاء يمنع أي برتين غشائي من الطوفان في الطبقتين الدهنية للغشاء أو العبور من جهة إلى أخرى.

3. وصلة التوصيل Communicating junctions

وتسمى الإلتحام الفجوي Gap junctions وتعمل على مرور جزيئات صغيرة من خلية حيوانه إلى أخرى. ويكون طريق المرور هذا من السعة بحيث يسمح مرور جزيئات صغيرة مثل السكر والأحماض الأمينية من خلية إلى أخرى. ولكنه من الصغر بحيث يمنع مرور الجزيئات الكبيرة مثل البروتينات.

وفي النباتات يتصل الغشاء البلازمي للخليتين المتجاورتين خلال أزواج من الثقوب Pairs of holes في الجدار. وهذا الإتصال السايتوبلازمي الذي يمتد عبر الثقوب يسمى Plas-modesmata .



الفصل الثاني

الاعصاب والجهاز العصبي

أ- فسيولوجيا الاعصاب

Nerve Physiology



فسيولوجيا الأعصاب

Nerve Physiology

\ تشكل الأعصاب والعضلات والهيكل العظمي الجهاز الحركي للإنسان والحيوان.

\ تقع العضلات الهيكلية Skeletal muscle تحت التأثير العصبي ولا تتقلص بدون الأعصاب.

\ أما العضلات الملساء Smooth muscle فإنها ذاتية التقلص ومع ذلك فإن التأثير ضروري لتحوير مقدار التقلص حسب الحاجة.

ويتالف العصب Nerve الواحد من:

\ حزمة من الألياف العصبية Nerve Fibers تعد بالمئات.

\ كل ليف عصبي هو محور Axon لخلية عصبية Neuron يقع جسم الخلية cell body داخل الجهاز العصبي المركزي CNS أو في إحدى العقد العصبية (Ganglia).

\ إجتماع الأجسام مع بعضها البعض يكون المادة السنجابية Gray matter.

\ تؤدي الألياف العصبية عملها في السيطرة على العضلات والغدد بواسطة الإيعازات أو السيالات العصبية Nerve impulses.

\ والإيعاز أو السيالة العصبية موجة من التغيرات الكهربائية والفيزيائية والكيميائية تسير بمحاذات غشاء الليف العصبي.

\ يمكن قياس التغيرات الكهربائية التي ترافق الإيعاز العصبي بواسطة أجهزة الكترونية دقيقة مثل : المخطاط الذبذبي Oscilloscope على الرغم من ضئالها.

\ أما التغيرات الفيزيائية التي تشمل تبدل نضوجية غشاء الليف العصبي والتغيرات الكيميائية التي تحرر الطاقة وإنبعاث الحرارة فإن قياسها صعباً إلى درجة ما.

تولد الإيعاز العصبي Production of Nerve impules:

\ يتولد الإيعاز العصبي نتيجة تغير درجة إستقطاب Polarization غشاء الليف العصبي أي



تغير فرق الجهد الكهربائي Electrical potential على جانبي الغشاء.

\ يحمل الغشاء البلازمي لجميع الخلايا الحية (بما فيها الخلايا العصبية) فرقاً في الجهد الكهربائي على جانبيه يسمى جهد الراحة Resting Potential.

\ يتراوح مقدار فرق الجهد الكهربائي ما بين 20-100ملي فولت حيث أن السطح الداخلي للغشاء يعد سالب بالنسبة للسطح الخارجي الموجب.

العوامل التي تؤدي إلى تكون جهد الراحة:

1- الإختلاف في درجة نضوجية غشاء الخلية الحية لبعض الأيونات المهمة فهو شديد النضوحية لأيونات البوتاسيوم (K^+) وقليل النضوحية لأيونات الصوديومNa^+ والكلور Cl^-.

2- إختلاف تركيز أيونات البوتاسيوم في داخل الخلية وخارجها حيث أن تركيزها في الداخل أكثر من تركيزها في الخارج بحوالي عشرة أضعاف.

3- وجود أيونات سالبة عضوية داخل الخلية ذات حجم كبير لا تستطيع المرور خلال غشاء الخلية مثل البروتينات المتأينة والأحماض العضوية وغيرها. تحت تأثير هذه العوامل تخرج كميات قليلة من أيونات البوتاسيوم من الخلية وتتراكم على السطح الخارجي للغشاء بإستمرار ربذلك تجعل الشحنة الكهربائية لهذا السطح موجبة بينما يصبح السطح الداخلي ذو شحنة سالب.

\ يسمى الحد الأدنى لقوة الحافز الضروري لإحداث إيعاز عصبي يسري في الليف بجهد العتبة Threshold potential.

\ عند تحفيز الليف العصبي تتغير نضوحية غشائه لأسباب غير معروفة فيصبح شديد النضوحية لأيونات الصوديوم وقليل النضوحية لأيونات البوتاسيوم نتيجة ذلك:-

\ تدخل أيونات الصوديوم الموجودة بتركيز ألى من خارج الليف العصبي إلى داخله وهذا يؤدي إلى انخفاض فرق الجهد الكهربائي على جانبي الغشاء وتسمى هذه العملية زوال الإستقطاب Depolarization.

\ تستمر عملية زوال الإستقطاب إلى أن يتساوى الجهد الكهربائي على جانبي الغشاء ويصبح فرق الجهد صفراً ولا تتوقف العملية عند هذا الحد بل تستمر حتى يصبح السطح الخارجي سالباً بالنسبة للسطح الداخلي الذي يصبح موجباً، أي ينقلب فرق الجهد الكهربائي.

\ تدعى عملية إنقلاب فرق الجهد على جانبي غشاء الليف العصبي بجهد الفعل Action potential.

\ لا يقتصر هذا التبدل على منطقة التحفيز وإنما يسري جهد الفعل من نقطة إلى أخرى من غشاء الليف العصبي كما تسري النار في خيط مشبع بالبارود ويسمى هذا السريان في جهد الفعل بالإيعاز العصبي Nerve impulse.

\ لكي يتولد جهد الفعل ويسري في الليف العصبي يجب أن ينخفض جهد الراحة في منطقة التحفيز بمقدار الثلث على الأقل.

\ إذا كان مقدار زوال الإستقطاب أقل من ذلك فإن التبدل الكهربائي يكون موضعياً ويضمحل بسرعة في مكانه من غير أن يتحول إلى جهد الفعل الساري بمحاذات الغشاء.

\ تسمى أقصى قدر تقلصية يمكن عملها لإحداث إيعاز عصبي يسري في الليف بجهد النتوء Spike potential.

\ إن التغير في نضوجية غشاء الليف العصبي الذي يسبق الإيعاز العصبي لا يتجاوز في منطقة من الغشاء أكثر من بضع أجزاء من الثانية بعدها يعود الغشاء إلى خواصه النضوحية السابقة أي يصبح:-

أ- أكثر نضوحية لأيونات البوتاسيوم.

ب- أقل نضوحية لأيونات الصوديوم

\ تؤدي النضوحية العالية لأيونات البوتاسيوم إلى خروج كميات منها وتراكمها على السطح الخارجي لغشاء الليف فيصبح موجباً بينما يعود السطح الداخلي من جديد سالباً وتدعى هذه العملية عودة الإستقطاب Repolarization.

\ من جراء عمليتي زوال الإستقطاب وعودته يفقد الليف العصبي كمية ضئيلة من أيونات



البوتاسيوم ويكتسب كمية مساوية من أيونات الصوديوم كلما مر إيعاز خلال الليف العصبي.

- بإستعمال البوتاسيوم المشع K^{42} والصوديوم المشع Na^{24} وجد أن الليف العصبي يفقد كمية من البوتاسيوم ويكتسب كمية من الصوديوم لا تتجاوز 100.000/1 من التركيز الكلي للأيونين عند مرور إيعاز عصبي واحد.
- لذلك فإن الليف يستطيع القيام بنقل آلاف الإيعازات العصبية قبل أن يصاب بالإعياء بسبب إختلال توزيع الأيونين.
- إضافة إلى ذلك فإن غشاء الليف يعمل على طرد أيونات الصوديوم التي دخلت، وإرجاع أيونات البوتاسيوم بعملية النقل الفعال Active transport التي تحتاج إلى كمية من الطاقة لإنتقالها بعكس إتجاه فرق التركيز في حالة البوتاسيوم وضد فرق الجهد الكهربائي في حالة الصوديوم.
- يمكن قياس وتسجيل التغيرات الكهربائية المرافقة للإيعاز العصبي بواسطة جهاز المخطاط الذبذبي Oscilloscope كما ذكرنا. وكذلك يمكن حساب جهد الراحة وجهد الفعل بواسطة المعادلات (معادلات نيرنيست Nernst Equation).

خواص الإيعاز العصبي:

1- يتبع قانون الكل- أو- اللاشيء (All-or- none law) في تولده.

- عند تحفيز الليف العصبي إما أن يتولد إيعاز عصبي أو لا يتولد مطلقاً.
- الحد الأدنى لقوة الحافز الضروري لإحداث إعياز عصبي يسري في الليف يسمى بالعتبة Thershold.
- عندما يكون الحافز دون العتبة لا يتولد إيعاز عصبي أما عندما يكون الحافز فوق العتبة فيتولد إيعاز عصبي.
- لا يعتمد الايعاز العصبي على قوة الحافز إطلاقاً بل على عوامل أخرى مثل الفرق في تركيز أيونات البوتاسيوم والصوديوم بين داخل وخارج الليف.

\ يمكن تشبيه هذه العملية بسريان النار في خيط مشبع بالبارود.

\ فعند تقريب لهب من إحدى نهايتي الخيط وكانت حرارة اللهب غير كافية لإشعال البارود فإن النار لا تسري في البارود مطلقاً.

\ أما إذا كان اللهب كافياً لإشتعال البارود فإن النار تشتعل في بداية الخيط أولاً ثم تسري في الخيط بسرعة معينة.

\ من الواضح هنا بأن قوة إشتعال البارود لا تعتمد على قوة اللهب وإنما تعتمد على سمك خيط البارود.

2- السرعة:

\ تتراوح سرعة سريان الإيعاز العصبي في الليف ما بين بضع سنتيمترات في الثانية إلى 100متر أو أكثر /الثانية (يسير الحافز العصبي بسرعة 33متر/الثانية).

\ هذه السرعة أقل بكثير من سريان التيار الكهربائي في الموصلات المعدنية التي تبلغ 300000 كم/الثانية (تساوي سرعة الضوء). يدل هذا على أن الإيعاز العصي وإن كان مصحوباً بتغير كهربائي فإنه ليس تيار كهربائي عادي. وتعتمد سرعة سريان الإيعاز العصبي على عدة عوامل :

أ- نوع الحيوان، حيث تكون:-

\ سرعته في الحيوانات ذات الحرارة الثابتة أعلى بكثير من سرعته في الحيوانات ذات الحرارة المتغيرة.

\ سرعته في الفقريات أعلى من اللافقريات.

\ سرعته في الحيوانات النشيطة أعلى من سرعته في الحيوانات الخاملة.

ب- قطر الليف العصي:

تتناسب سرعة الإيعاز العصبي طردياً مع قطر الليف العصبي (الألياف العصبية السميكة أسرع أيصالاً للإيعاز العصبي من الألياف العصبية الرفيعة).

ج- الغلاف الدهني:-



\ سرعته في الألياف المغلفة (النخاعينيه) Myelinated fibers أعلى من سرعته في الألياف (غير النخاعينيه) Nonmyelinated fiber.

3- إتجاه سير الإيعاز العصبي:

\ في الحالة الطبيعية في الجسم يسير الإيعاز العصبي في الألياف العصبية باتجاه واحد فقط. حيث يسير في الألياف الحسية Sensory بإتجاه الجهاز العصبي المركزي.

\ أما في الألياف الحركية Motor فيسير بعيداً عن الجهار العصبي المركزي نحو المنفذات Effectors.

\ ويعود السبب في ذلك إلى وجود وصلات عصبية أو تشابك عصبي Synapses بين الخلايا العصبية لا تستطيع نقل الإيعاز الا باتجاه واحد وهو من تفرعات الخلية العصبية إلى جسم الخلية ثم المحور فالتفرعات النهائية للمحور وبعدها لتفرعات خلية عصبية ثانية وهكذا.

\ وفي الحالات غير الطبيعية (عند تحفيز ليف عصبي مقطوع مثلاً) يسير الإيعاز بإتجاهين متعاكسين بنفس السرعة والقوة.

التآزر العصبي Nervous coordination

تتم عمليات التوصيل أو التآزر العصبي بفعل الجهاز العصبي الذي تكون الخلايا العصبية وحداته الأساسية. وتتكون الخلية العصبية neuron من جسم الخلية أو السيتون cyton، والزوائد الشجيريه dendrites والمحور axon، الذي ينتهي في عدد من التفرعات الانتهائية terminal arborizations. وتنقل الزوائد الشجيريه السيالات العصبية nerve im-pulses في إتجاه جسم الخلية العصبية، ويحملها المحور من جسم الخلية إلى الخارج، وتتميز محاور الألياف العصبية إلى نوعين تبعاً لإتجاه مرور السيالات العصبية فيها وهي:

محاور (أو ألياف) واردة afferent axons or fibers تنقل السيالات العصبية من اعضاء الحس او المستقبلات إلى الجهاز العصبي المركزي، ومحاور (أو ألياف) صادرة efferent axons or fibers تنتقل السيالات العصبية من الجهاز العصبي المركزي إلى مختلف أعضاء

وأنسجة الجسم لتحفزها على أداء ردود فعل مناسبة لها.

إنتقال السيالات العصبية Transmission of nerve impulses

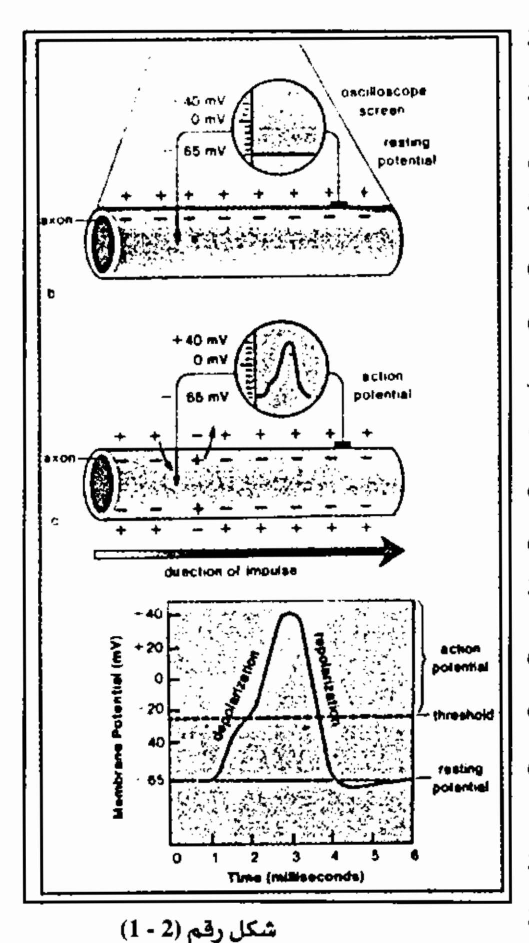
تتضمن عملية إنتقال أي سياله عصبيه بصفة عامة مجموعة من التغيرات الكهروكيميائية التي تمر بالتتابع خلال الليفة العصبية. وهناك وسيلتين لإنتقال السيالات العصبية خلال الجهاز العصبي ككل: أ) الإنتقال خلال الألياف العصبية ب) الانتقال عبر مناطق التشابك العصبي بين الخلايا العصبية المتجاورة.

أ) الإنتقال خلال الألياف العصبية Transmission along nerve fibers

هناك عدة نظريات لتفسير عملية إنتقال السيالات العصبية على طول الألياف العصبية، وأكثر هذه النظريات قبولاً لدى العلماء هي نظرية الغشاء membrane theory التي تزعم بأن السياله العصبيه تنتقل على هيئة موجة من موجات إزالة الإستقطاب تمر خلال الغشاء الخارجي المغلف لليفه العصبية. ففي حالة السكون، أو أثناء الراحة، يكون الليف العصبي موجب الشحنة الكهربائية على سطحه الخارجي وسالب الشحنة على سطحه الداخلي وهذه الشحنات الكهربائية تحملها أيونات الصوديوم والبوتاسيوم والكلورين التي تتجمع على الغشاء، ويقال عن غشاء الليفة في حالة السكون هذه، أنه مستقطب كهربائياً electrically polarized. ويعزى وجود هذا الإستقطاب إلى خاصية النفاذية الإختيارية التي تتمتع بها أغشية الألياف العصبية. فأثناء الراحة يعمل الغشاء إختيارياً على منع مرور تلك الأيونات الموجبة والسالبة من خلاله لتعادل بعضها البعض، ومن ثم يحدث فيه هذا الإستقطاب.

وعندما يحدث تنبيه أو إثارة لليفة العصبية في أية بقعة منها، فإن الغشاء يفقد قدرته على النفاذية الإختيارية في هذه البقعة. أي يصبح منفذاً للأيونات الموجبة والسالبة عندها، فتمر من خلاله وتعادل بعضها البعض، وبهذا يزول إستقطاب الغشاء عند هذه البقعة، أو يصبح الغشاء مستقطب depolarzied (شكل رقم 2-1).

وتقفز الأيونات الموجودة على بقعة مجاورة من الغشاء لم يتم تنشيطها بعد، من خلال البقعة غير المستقطبة السابقة، لتعادل بعضها البعض، وبذلك تصبح البقعة الجديدة المجاورة للأولى غير مستقطبة. ثم تقفز أيونات جديدة من بقعة ثالثة مجاورة من خلال البقعة الثانية



شكل رقم (2 - 1)

إنتقال السيالات العصبية

وهكذا تستمر العملية على طول الليفة العصبية بأكملها. وبعد أن تجتاز السياله العصبيه بقعة معينة يستعيد غشاء الليفة العصبية قدرته على النفاذية الإختيارية والإستقطاب عند هذه البقعة مرة أخرى. وذلك يفسر لنا المقصود بإنتقال السياله العصبيه على هيئة موجة من زوال الإستقطاب في غشاء الليفة العصبية. وتعتبر جميع السيالات العصبية متشابهة في طبيعتها، ولا تختلف عن بعضها البعض إلا فيما تحدثه من تأثيرات تبعاً للمواضع أو الأعضاء التي تتصل بها أو تنتهي فيها، فإذا كانت الليفة العصبية تنتهي في عضلة من العضلات حدث إنقباض في تلك العضلة. وإذا كانت تنتهي في منطقة معينة من القشرة المخية نتج فيها الإبصار. أو إذا إنتهت في منطقة أخرى من القشرة المخية نتج عنها السمع،. أما إذا كانت الليفة العصبية تنتهي ملامسة للزوائد الشجرية لخلية عصبية أخرى في منطقة تشابك عصبي Synapse، فإنها تولد سياله عصبيه في هذه الخلية العصبية الأخيرة.

ب) الإنتقال خلال التشابكات العصبية Transmission across synapses

يعرف التشابك العصبي synapse، من الناحية التشريحية أنه المكان الذي تقع فيه التفرعات الإنتهائية لمحور خلية عصبية (تقع قبل التشابك العصبي) قريبة جداً من الزوائد الشجرية لخليه عصبية مجاورة (تقع بعد التشابك العصبي). أما من الناحية الفسيولوجية، فيعرف التشابك العصبي بأنه إرتباط وظيفي بين خليتين عصبيتين يتم عن طريق ملامسة أو شبه ملامسة لأغشيتهما المتجاورة. وتتكون كعبرة أو شق تشابكي synaptic knop or cleft

بين الغشاء قبل التشابكي والغشاء بعد التشابكي تمر عبرها السيالات العصبية (شكل رقم 2-2).

شكل رقم (2 - 2)

انتقال السيالات العصبية عبر الشق التشابكي

وفي حالات قليلة يكون إنتقال السيالا العصبية عبر التشابك العصبي إنتقالاً كهربائياً، ولكن في معظم الحيوانات الفقارية والانسان. يتم هذا الإنتقال بمساعدة مادة كيميائية لها قابلية على الانتشار. وقد تأكدت هذه الحقيقة مؤخراً أثناء فحص مناطق التشابك العصبي بمساعدة المجهر الإلكتروني. حيث تبين أن الشق التشابكي يحتوي على عدد كبير من الحويصلات الدقيقة، عرفت بحويصلات التشابك synaptic vesicles، يبدو أنها تحتوي على الناقل الكيميائي الذي يفرز منها عندما تصل السياله العصبيه إلى موضع شق التشابك. عندئذ تنتشر هذه المادة الكيميائية إلى نهايات الزوائد الشجرية للخلية العصبية المجاورة لتنشىء فيها سياله عصبيه جديده. وهكذا تنتقل السياله عبر تشابك عصبي في إتجاه واحد فقط من محور أو ليفة خلية عصبية إلى الزوائد الشجرية لخلية عصبية مجاورة لها. ولذلك يمكن تشبيه التشابك العصبي بصمام يعمل في أتجاه واحد فقط.. أما في داخل الخلية العصبية الواحدة فإنه يمكن للسيالات العصبية أن تنتقل في كلا الإتجاهين.

وتعرف مادتان من المواد الناقلة أو الهرمونات الموضوعية التي تلعب دوراً في عملية إنتقال السيالات العصبية عبر التشابكات العصبية هما:

أ) السمباثين Sympathin: وهي مادة تشبه نور أدرينالين في تركيبها الكيميائي وتأثيرها الفسيولوجي، وتفرزها نهايات محاور الألياف الواقعة بعد العقد العصبية في الجهاز الذاتي أو السمبثاوي، ويمكن أن تتلف بواسطة أي عملية أكسدة.

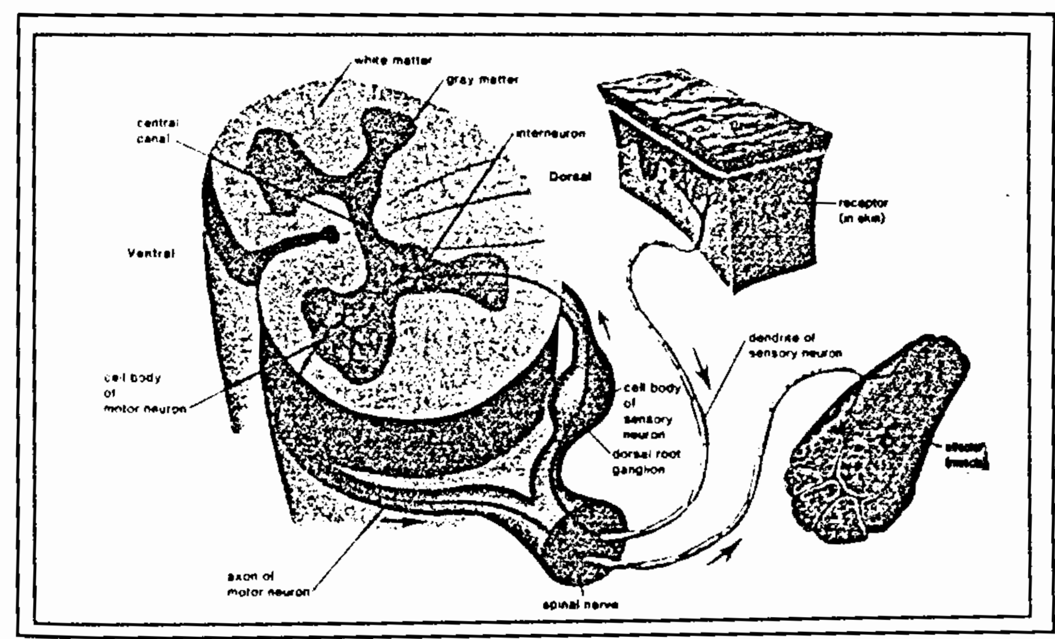
ب) **الاستيل كولين** Acetylcholine: وهذه تفرزها الألياف الواقعة في الجهاز العصبي السمبثاوي (الودي ونظير الودي). وربما أيضاً الألياف العصبية للجهاز العصبي المركزي. وتواجد إنزيم كولين إستريز choline esterase عند التشابك العصبي يعمل على تحلل مادة الأستيل كولين إلى حامض خليك وكولين، لوقف عمل هذه المادة أو إتلاف هذا الناقل الكيميائي عند الحاجة.

القوس الإنعكاسي Reflex arc:

يعرف الفعل العصبي الإنعكاسي بأنه يحدث إستجابة لمؤثر معين يؤدي إلى مرور سيالة عصبية من العضو الحسي إلى الجهاز العصبي المركزي، ومنه ينعكس مرة أخرى ليصل عضو منفذ فيستجيب لهذا المؤثر.



وأبسط أشكال الأفعال العصبية التي لا تخضع للإرادة هي الناجمة عن الاقواس الإنعكاسية، كالانفعال الناجم عن سطوع ضوء باهر أمام العين بصورة مفاجئة، ويتمثل في إستجابة بؤبؤ العين وإنقباضه بصورة لا إرادية، ومثل ما يحدث عند الضرب على الحبل الوتري للعضلة الفخذية (أسفل الركبة) إذ تنقبض هذه العضلة لا إرادياً فتقفز الرجل إلى أعلى.



شكل (2-3)
الاقواس الانعكاسية

ويتكون القوس الإنعكاسي الجسمي من العناصر التالية (شكل رقم 2-3):

1- مستلم أو مستقبل **Receptor** :

عادة ما يكون خلية حسية تقوم بإستقبال المؤثر stimulus.

2- خلية عصبية حسية أو واردة **sensory or afferent neuron**

تمتد في الفراغ الحسي للعصب الشوكي، ثم خلال الجذع الرئيسي لهذا العصب، ثم جذره الظهري. وتنقل هذه الليفة السيالة العصبية من المستقبل إلى جسم الخلية العصبية



الحية التي تقع في عقدة الجذر الظهري. وتمثل هذه الليفة زائدة شجرية من زوائد تلك الخلية العصبية الحسية. والخلية العصبية الحسية sensory neuron، تستقبل السياله العصبيه وتنقلها عن طريق محورها الذي يمر خلال القرن الظهري للحبل الشوكي، وينتهي بتفرعات إنتهائية دقيقة.

3- خلية عصبية رابطة Connecting neuron:

توجد هذه الخلية في المادة السنجابية بين القرنين الظهري والبطني للحبل الشوكي، ولها زوائد شجرية قصيرة تمتد في الجزء الظهري للحبل الشوكي، ومحور قصير يمتد في الجزء البطني للحبل الشوكي. وتقوم هذه الخلية بترجمة السيالة الحسية الواردة إليها إلى مؤثر حركي.

4- خلية عصبية حركية أو صادرة Motor or efferent neuron:

تقع في القرن البطني للحبل الشوكي. ولها زوائد شجرية قصيرة في جانبها العلوي، ومحور طويل يمثل الليفة الصادرة أو الحركية efferent or motor fibre يمتد في الجذر البطني للعصب الشوكي، ثم خلال الجذع الرئيسي للعصب الشوكي ذاته، ثم في الفرع الحركي لذلك العصب إلى أن ينتهي في العضو المؤثر.

5- مؤثر أو منفذ Effector:

وعادة ما يكون عضلة أو غدة. ويتم حدوث الفعل الإنعكاسي reflex action على الوجه التالي:-

يستقبل العضو المؤثر التنبيه stimulus وينقل تأثيره كسيالة حسية sensory impulse من خلال الليفة الحسية إلى الخلية العصبية الحسية، التي تنقله بدورها إلى الخلية العصبية الضابطة للترجمة إلى سيالة حركية motor impulse. ومن خلال الليفة العصبية الحركية ينتقل إلى العضو فيستجيب له بطريقة ملائمة.

ويستخدم لدراسة الأفعال الإنعكاسية في المختبر ما يعرف بالضفادع الشوكية، وهي الضفادع التي يزال منها المخ أو يتم إتلافه فيها، ولكنها تظل محتفظة ببقية أعضاء جهازها العصبي كالحبل الشوكي والأعصاب الشوكية سليمة. فإذا نبه الجلد في ضفدعة كهذه (بوخزة أو وضع مادة حمضية عليه) إستجابت الضفدعة تلقائياً بتحريك أرجلها. أما إذا



قطعت الأعصاب الجلدية الحسية فيها أو الأعصاب الحركية التي تغذي عضلات الأرجل، فلا تحدث أي إستجابة إنعكاسية لتنبيه الجلد. كذلك لا تحدث فيها أي أفعال إنعكاسية إذا أتلف الحبل الشوكي (مركز الإنعكاس)، حتى مع بقاء الأعصاب سليمة.

ب. الجهاز العصبي

Nervous System



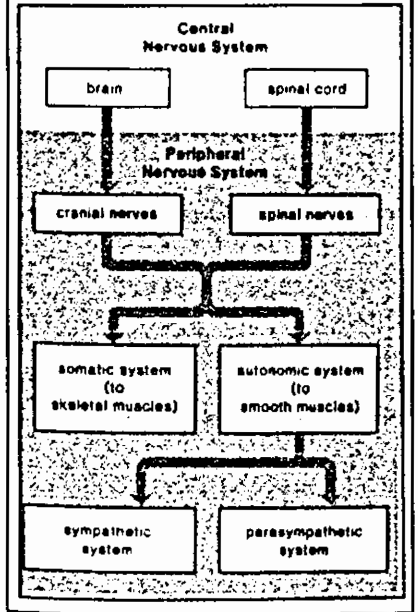
الجهاز العصبي Nervous System

يتكون الحهاز العصبي من جزئين رئيسين هما الجهاز العصبي المركزي والجهاز العصبي الطرفي (شكل رقم 2 - 4).

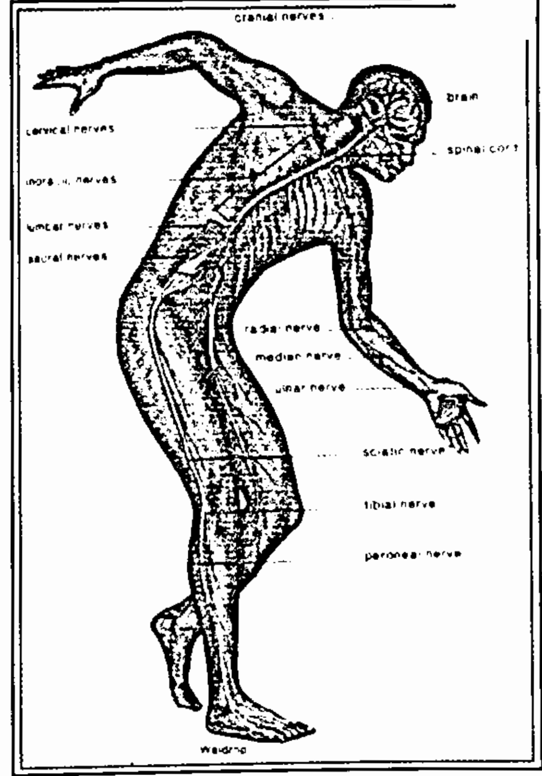
الجهاز العصبي المركزي: Central Nervons System, CNS

ويتكون من:

الدماغ Brain الذي يخفض داخل الجمجمة والجيل الشوكي Spinal Cord الذي يخفض داخل تجويف العمود الفقري (شكل رقم 2-5)



شكل رقم (2 - 4)
مخطط يبين اقسام الجهاز العصبي المركزي



شكل رقم (2 - 5)
الجهاز العصبي المركزي (الدماغ والنخاع الشوكي) وبعض اعصاب الجهاز العصبي الطرفي

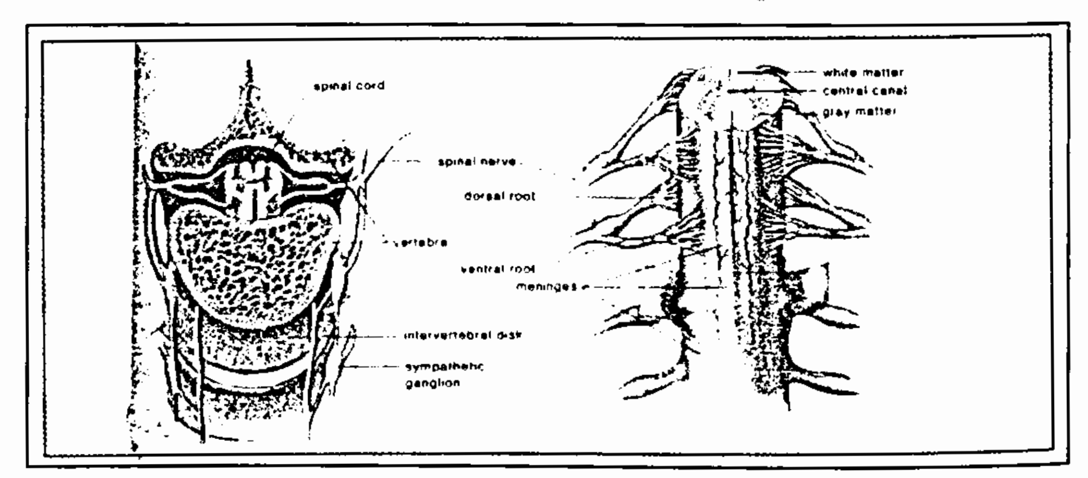


الجهاز العصبي الطرفي: Peripheral Nervous System, PNS

ويتكون من كل من الاعصاب القحفية cranial nerves التي تنشأ من الدماغ، والاعصاب الشوكية Spinal nerves. وينقسم الجهاز العصبي الطرفي بعد ذلك إلى الجهاز العصبي الجسمي Somatic Nervous System (الذي يحتوي على أعصاب تنظم العضلات الهيكلية والجلد والمفاصل)، والجهاز العصبي الذاتي Autonomic Nevous System (الذي يحتوي على أعصاب تنظم عمل الغدد والعضلات الملساء والأعضاء اللاإرادية.

النخاع الشوكي Spinal Cord:

ويشمل الجزء الأسفل من الجهاز العصبي المركزي ويشاهد النخاع الشوكي في المقطع العرضي (شكل رقم 2 - 6) مكون من طبقتين. الطبقة الداخلية هي الطبقة الرمادية أو السنجابية Gray matter وتكون متجمعة على شكل حرف H باللغة الإنجليزية. والطبقة الخارجية تحيط بالأولى وهي الطبقة البيضاء White matter.



(شكل رقم 2 - 6)

مقطع عرضي في النخاع الشوكي

وتتكون معظم الطبقة البيضاء من ألياف صاعده ونازله مغمده. أما الطبقة الرمادية التي تشبه حرف H فيمثل الخط المستعرض منها قناة مركزية تتصل ببطينات الدماغ. بينما تمثل أطراف الحرف العليا القرنين الأماميين وتمثل أطراف الحرف السفلى القرنين الخلفيين.



أغشية النخاع الشوكي والدماغ:

تحيط بالنخاع الشوكي وكذلك الدماغ ثلاثة طبقات من الأغشية تسمى السحايا Meninges وهي :

1- الأم الحنون Pia matter:

وتشكل غشاء رقيق يحيط بالنخاع الشوكي والدماغ مباشرة.

2- الأم الجافية Dura matter:

وهي الطبقة الخاجية وتكون ليفيه تحيط بعظام الجمجمة والقناة الفقرية ويقع الجيب الوريدي الرئيسي في الجمجمة داخل الأم الجافيه.

3- الغشاء العنكبوتي Arachnoid matter:

ويوجد بين الأم الحنون والأم الجافية. وسمي عنكبوتي لإحتوائه على خيوط رفيعة تشبه خيوط العنكبوت. وهو غشاء رقيق يفصله عن الأم الجافية فراغ يسمى تحت الأم الجافية. ويحتوي هذا الفراغ على سائل مصلي Serous fluid. يملأ الفرغ فوق الغشاء العنكبوتي السائل الدماغي الشوكي C. S. F. ويحوي أكبر الأوعية الدموية في الدماغ.

السائل الدماغي الشوكي Cerebro Spinal Fluid

يوجد فراغ مملوء بالسائل الدماغي الشوكي الذي يملأ البطينات الدماغية والقناة المركزية للحبل الشوكي والفراغ تحت العنكبوتي.

ويتكون السائل ويفرز من الضفائر المشيميه Choroid Plexus على جانبي البطينين الجانبيه وكذلك البطينين الثالث والرابع وكذلك من الأوعية الدموية للأم الحنون. يمر السائل المفرز من البطينين الجانبية إلى البطين الثالث ثم ينتشر فوق الدماغ الشوكي عبر الفتحة الجانبيه للبطين الرابع والثقب بين البطين الرابع والفراغ تحت العنكبوتي.

وتبلغ كمية السائل الدماغي الشوكي في الإنسان 120-170سم3، وكثافته النوعيه 1.007-1.005 واسه الهيدروجين 7.4 وهو سائل ليس له لون أو رائحة. ويحتوي السائل على عدد قليل من الخلايا ولكنه يحتوي على نفس محتوى الدم من الأملاح والشوارد. كما يحتوي على نسبة من السكر تعادل 3/2 نسبته في الدم وكميه قليلة من البروتينات تقدر بحوالي 0.02%.



وللسائل أهمية في حماية الأنسجة العصبية من الصدمات وإيجاد ضغط منتظم حول هذه الأنسجة ودعمها وتزويدها بالغذاء وخاصة في المناطق التي لا تصلها الأوعية الدموية.

وظائف النخاع الشوكي:

1- يقوم بالتنظيم الموضعي عن طريق الخلايا العصبيه في الماده الرماديه ويكون هذا التنظيم الموضعي لبعض العضلات اللاإراديه حيث تصلها ألياف عصبية من النخاع الشوكي مباشرة.

2- يعمل النخاع الشوكي كممر عصبي تمر من خلاله السيالات العصبية حيث تصل عن طريق الإحساسات الجلدية عند ذهابها إلى المخ. كما تهبط عن طريق السيالات العصبية من المخ عند ذهابها إلى الغدد والعضلات والأحشاء الداخلية.

3- عند قطع النخاع الشوكي بصورة كاملة تنعدم كافة الحركات الإرادية للمناطق تحت مستوى القطع ويصاب الإنسان بشلل في العضلات وإنعدام المنعكسات. وتحدث صدمة شوكية Spinal shock بعد القطع مباشرة.

الدماغ Brain:

وهو أهم أجزاء الجهاز العصبي ويحصل على حوالي 4/1 كمية الأوكسجين الذي يستهلكه الجسم، ويصل إليه حوالي 5/1 الدم الوارد من القلب أي يمر فيه حوالي 45 لتر من الدم في كل ساعه (شكل رقم 2 - 7).

ويتكون الدماغ من نسيج رخو يحتوي جزئه الخارجي على حوالي 85% من تركيبه ماءً، ليصبح بذلك من أكثر الأنسجة في الجسم رقة ورخاوة.

ويتركب الدماغ نسيجياً من طبقتين:

1- طبقة سطحية تحتوي على المادة السنجابية Gray matter :

وهي رمادية اللون كثيرة التلافيف وتسمى قشرة الدماغ. وتساعد هذه التلافيف على زيادة المساحة السطحية لقشرة الدماغ حيث تصل مساحتها إلى ثلاثة أضعاف المساحة الإعتيادية. وتحتوي قشرة الدماغ على حوالي 14 ألف مليون خلية عصبية.

2- الطبقة الداخلية وتحتوي على المادة البيضاء White matter

وهي بيضاء اللون تتكون من ألياف الخلايا العصبية.



أقسام الدماغ:

يتكون الدماغ من ثلاثة أقسام رئيسة هي:

أ- الدماغ الأمامي Fore-brain

ب- الدماغ المتوسط Mid-brain

ج- الدماغ الخلفي Hind-brain

شكل رقم (2 - 7)

دماغ الإنسان



- الدماغ الامامي: ويتكون من :

1- المخ Cerebrum أو الدماغ الكبير.

2- العقد العصبيه القاعديه Basal ganglia

3- السريران Thalami

4- الجسم الصنوبري Pineal body

المخ Cerebrum

وهو أكبر أجزاء الدماغ في الإنسان ويتكون من كتلتين كبيرتين تدعى نصف كرة المخ Cerebral hemispheres يتصلان مع بعضهما البعض بجسر من الألياف العصبيه يدعى الجسم الجاسىء Corpus Callosum.

ويتكون الجزء الخارجي من نصفي المخ من قشرة المخ Cerebral cortex والتي تكون كثيرة التلافيف Highly convoluted ولونها رمادي بسبب إحتوائها على أجسام الخلايا العصبية والألياف القصيرة. وتخترق المخ منخفضات عديدة تسمى أخاديد Sulcus يكون بعضها عميقاً ليقسم المخ إلى فصوص lobes كما أن هناك طيات مرتفعة بين الأخاديد تسمى نتوءات. وتسمى الاخاديد حسب مواقعها او اشكالها او احياناً من تجاوره من النتوءات ومنها:

* الأخدود الجانبي (Lateral sulcus): ويفصل بين فلقتي الصدغ والهامه وتوجد على هذا الأخدود منطقة السمع والكلام.

* الأخدود المركزي (Central sulcus): ويبدأ من منتصف السطح الأعلى للمخ وينحدر نحو الأخدود الجانبي وتوجد فيه منطقة الحركة والإحساس.

فصوص المخ:

هناك أربعة فصوص في المخ وتوجد في كل من نصفي الدماغ وهي:

1- الفصان الجبهويان Frontal lobes:

وتشكلان حوالي ثلث سطح المخ في الإنسان وهي أيمن وأيسر. وفي هذين الفصين توجد مراكز الحركة ومراكز الأفكار والعواطف.

2- الفصان الصدغيان Temporal lobes:

وهما أيمن وأيسر أيضاً. وتوجد فيهما مراكز السمع والشم والنطق.

3- الفصان الجداريان Parietal lobes

وهما أيمن وأيسر. ويقعان في وسط الجمجمة عند السقف. وتوجد فيهما مراكز الذاكرة والحس العام والضغط واللمس. وتكثر فيهما مناطق المشاركة المتصله ببقية الفصوص.

4- الفصان القذاليان Occipital lobes

وهما أيمن وأيسر. يقعان في مؤخرة الجمجمة على خيمة المخيخ وتوجد فيهما مراكز البصر.

وظائف قشرة المخ:

1- تنظم الحركات الإرادية وتبدأ فيها.

2- توجد فيها مراكز الإحساسات.

3- توجد فيها مراكز الذاكرة والإنفعالات والسلوك النفسية والذهنيه.

4- توجد فيها مراكز النطق والبصر والسمع والذوق والشم.

العقد العصبيه القاعدية Basal ganglia

وتنشأ في الأجزاء البطنية من نصفي كرة المخ وهي مراكز عصبية تعمل على تكييف الفعل الحركي وتتألف من كتل من المادة السنجابية.

السريران Thalami

وتكونان الجداران الجانبيه للبطين الثالث للدماغ. وترتبطان مع بعضهما البعض بروابط داخلية تعتبر مراكز نقل مهمة للأعصاب الحسية عند مرورها إلى قشرة الدماغ.

الجسم الصنوبري Pineal body

وهو جسم يعتبر من الغدد الصم ويتكون في سقف البطين الثالث ولا يحتوي على أعصاب ويفرز هرمونات خاصه به سوف نقوم بشرحها في الغدد الصم.

الدماغ البيني Dien-cephalon

ويحتوي على المهاد Thalamus وما تحته بين الدماغ المتوسط ونصف كرة المخ.ويتكون المهاد من نويات وظيفتها إيصال الرسائل العصبية التي لها علاقة بالحس والإنفعال إلى

قشرة الدماغ، كما يحتوي المهاد على كتل نووية توصل السيالات الواردة من المخيخ إلى نصف كرة المخ. ويوجد في المهاد مركز حسي للشعور بالألم. وتنتهي جميع الأحاسيس (ما عدا الشم) في المهاد. وهو المسؤول عن إستمرار حالات الوعي واليقظه.

أما تحت المهاد Hypothalamus فهو من الدماغ المتوسط ويقع تحت المهاد لذلك سمي بهذا الإسم. يعمل تحت المهاد على صنع وإفراز الهرمونات التي تنظم الغدة النخامية، حيث يفرز عوامل تحت المهاد المحفزه والمثبطة لهرمونات الغدة النخاميه. وتحت المهاد منظم لعمل الأحشاء وبعض التفاعلات وعمليات النوم والعاطفه والشهيه للأكل والشرب والتناسل. وفي تحت المهاد مراكز الكر والفر وميزان حرارة الجسم ومقياس حجوم سوائل الجسم. ويفرز تحت المهاد هرمونان الاول له علاقة بالطلق عند الحوامل والثاني لضبط التبول.

الدماغ المتوسط Mid-brain

ويتكون من جزئين مهمين هما:

1- السويقتان المخيتان Cerebral peduncles

وهي خيوط من الألياف العصبية تربط الدماغ الأمامي بالدماغ الخلفي.

2- الاجسام التوأمية Cropora Quadrigmnia

وهي أربعة بروزات تحتوي على مراكز الإحساسات السمعية والبصريه.

الدماغ الخلفي Hind-brain

ويتكون من المخيخ والقنطره والنخاع المستطيل

المخيخ Cerebellum

وهو جسم صغير يقع أسفل نصفا كرة المخ وخلف النخاع المستطيل، ويسمى أيضاً بالدماغ الصغير. ويتكون المخيخ من نصفا كره مخيخيه وفص دودي.

نصفا كرة المخيخ

ويتميزان بوجود تلافيف على سطحيهما تزيد مساحتها السطحيه وتتكون من مادة سنجابيه كما هو الحال في المخ. وتبدو التلافيف أشد تلاصقاً مما هو عليه في المخ. ويحتوي المخيخ من الداخل على مادة بيضاء أيضاً.



الفص الدودي Vermis

وسمي بهذا الإسم لوجود أثلام عرضية على سطحه تجعله مقسماً إلى حلقات تشبه الدودة.

وظائف المخيخ

* له دور هام في تنظيم الحركات الإرادية ويحافظ على توازن الجسم بالتعاون مع العضلات.
* يسيطرعلى توتر العضلات والمنعكسات الخاصه بتوازن الجسم عن طريق الألياف التي تصل المخيخ بالنوى الدهليزيه في الأذن وكذلك نوى التكوين الشبكي.

القنطره Pons

وتقع فوق النخاع المستطيل على الوجه السفلي للدماغ. وهي الجسر الذي ينقل السيالات العصبيه من قشرة المخ إلى كره المخيخ. وتحتوي على أصول الأعصاب الدماغية.

النخاع المستطيل Medulla oblongata

ويقع أسفل المخ والمخيخ حيث يصل النخاع الشوكي بأجزاء الدماغ. وتتقاطع أغلب الأعصاب المحركة داخل النخاع المستطيل لتكون ما يشبه الأهرامات. وتوجد داخله أنوية أصول أكثر الأعصاب الدماغية.ويقوم النخاع المستطيل بعده وظائف مهمه منها نقل السيالات العصبيه الحسيه من النخاع الشوكي إلى الدماغ. كما يعمل على نقل السيالات العصبية الحركيه من الدماغ إلى النخاع الشوكي. ويحتوي النخاع المستطيل على مراكز عصبيه خاصة بتنظيم نبض القلب والمضغ والبلع والقيئ في الإنسان.

3

الفصل الثالث

الاحساسات والحواس

Sensation & Senses

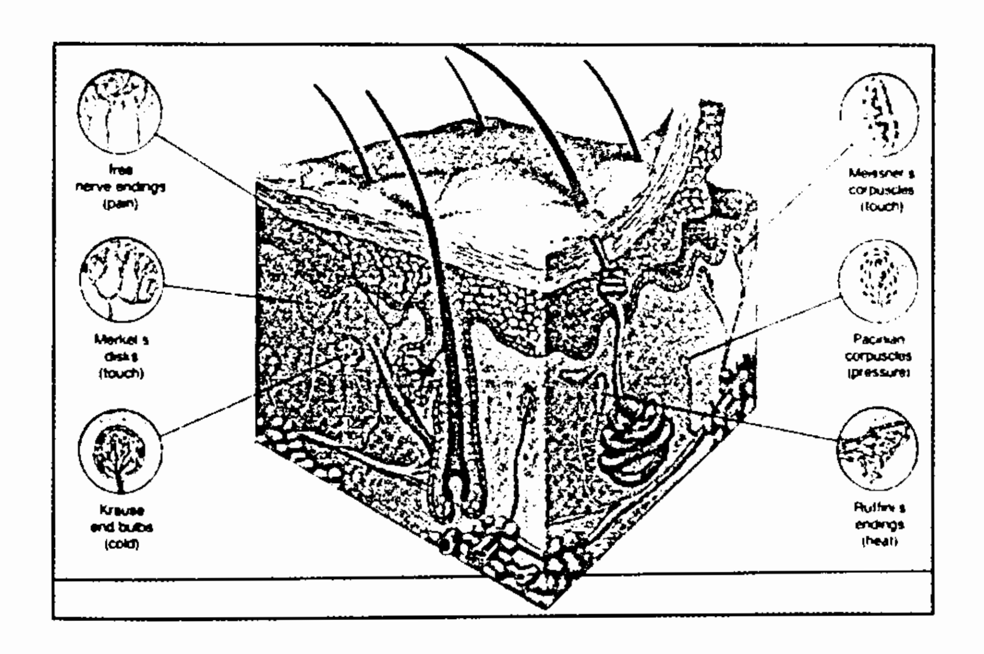
االاحساسات Sensation

هناك عدد من الاحساسات في جسم الانسان يمكن تقسيمها حسب نوع الشعور الذي يتولد من قبلها الى احساسات عامة (وتكون إما سطحية أو عميقة)، واحساسات خاصة، واحساسات حشوية داخلية.

اولاً - الاحساسات العامة General Sensation

ولهذه الاحساسات مستقبلات تنتشر في جميع أنحاء الجسم وتشمل :

أ- الاحساسات السطحية وتتضمن (شكل رقم 3 - 1) :



شكل رقم (3 - 1)

الجلد وحاسة اللمس.



1- حاسة اللمس Touch.

2- حاسة الضغط Pressure.

3- حاسة الالم Pain.

4- حاسة الحرارة Warmth.

5- حاسة البرودة Cold.

ب- الاحساسات العميقة وتتضمن :

1- الاحساسات الحركية الموضعية التي ترافق حركات المفاصل والأوتار والعضلات.

2- احساسات التوتر التي ترافق توتر العضلات.

ثانياً - الاحساسات الخاصة **Special Senses**

ولهذه الاحساسات مستقبلات خاصة تقع في أعضاء معينة من الجسم وتشمل :

1- حاسة السمع Hearing.

2- حاسة البصر Vision.

3- حاسة التوازن Balance.

4- حاسة الذوق Taste.

5- حاسة الشم Smell.

ثالثاً - الاحساسات الحشوية Visceral Senses

وتوجد مستقبلات هذه الاحساسات في الاحشاء الداخلية Viscera.

المستقبلات: Receptors

تعد المستقبلات الحسية أجزاء من الجسم تتأثر بأنواع معينة من المؤثرات والتغيرات التي تحدث في المحيط أو البيئة. وتنقل هذه المستقبلات الاحساس بالمؤثر على شكل سيالات عصبية Nerve impulses الى الجهاز العصبي المركزي حيث يستجيب لنوع المؤثر ويعطي ايعاز لتكيف الجسم حسب نوع التأثير.

اقسام المستقبلات :

هناك عدة أنواع من المستقبلات هي :

1- مستقبلات ميكانيكية **Mechano - receptors**

وتشمل مستقبلات اللمس في الجلد، والصوت والاتزان في الاذن.

2- مستقبلات كيميائية **Chemo - receptors**

وتشمل مستقبلات الذوق في اللسان، والشم في الأنف والضغط الاوزموزي للدم في تحت المهاد وكذلك مستقبلات السكر والأوكسجين وغيرها.

3- مستقبلات حرارة **Thermo - receptors**

وتشمل مستقبلات الحرارة والبرودة في الجلد.

4- مستقبلات الاشعاع الكهرومغناطيسي **Elecromagnetic radiation receptors**

وتشمل مستقبلات الضوء في العين. كما ان هناك نوعين من المستقبلات حسب مصدر الاثارة وموقع المستقبل وهي :

1- المستقبلات الخارجية **Extero - ceptors**

وتتأثر بالعوامل الخارجية مثل الصوت والضوء والذوق والرائحة والحرارة والبرودة والضغط بالاضافة الى الالم. وتوجد هذه المستقبلات في اعضاء خاصة مثل العين والأذن واللسان والانف والجلد.

2- المستقبلات الداخلية **Intero - ceptors**

وتوجد هذه المستقبلات في بعض الاعضاء داخل الجسم وهي قسمين :

أ- مستقبلات حشوية viscero - ceptors

وتوجد في اعضاء الهضم والتنفس وفي المثانة وغيرها من احشاء الجسم الداخلية حيث ينتج عنها الاحساسات بالالم والجوع والعطش والغثيان والاحساس الجنسي.

ب- مستقبلات التوتر Proprio - ceptors

وتوجد في العضلات والاوتار والاربطة والمفاصل وعن طريقها يحس الانسان بالتوتر العضلي. وتوفر المعلومات عن وضع الجسم في الفضاء وعلاقة اعضاءه المختلفة ببعضها.



حاسة اللمس Touch والجلد Skin

يتكون الجلد من طبقتين أساسيتين هما :

1- البشرة Epidermis :

وهي الطبقة الخارجية التي تحيط بأنسجة الجسم، وهي تقسم بدورها إلى طبقتين هما :

أ) الطبقة السطحية : وهي خارجية تتكون من خلايا قرنية تحتوي على مادة الكيراتين تنسلخ عن الجلد على شكل قشور رقيقة.

ب) الطبقة الداخلية: وهي عبارة عن خلايا طلائية مطبقة، يحتوي الجزء السفلي منها على خلايا مفلطحة تحتوي على حبيبات ملونة تعطي الجلد لونه المميز، وأهم الصبغات الملونة هي الميلانين. والبشرة لا تحتوي على أوعية دموية، ويوجد فيها ثقوب صغيرة.

2- الأدمة Dermis :

تتكون من نسيج ضام كثيف يحتوي على عدد كبير من الأوعية الدموية، والجزء العلوي منها يحتوي على ألياف مطاطية، بينما يحتوي الجزء السفلي على حزم من الألياف البيضاء. ويحتوي الجلد على عدد من الأجزاء الأخرى هي :

1- وحدة جيب الشعرة : ينتشر الشعر على جميع سطح الجسم ما عدا مناطق معينة مثل راحة الكفين، وأخمص القدمين واجزاء من الاعضاء التناسلية الخارجية، وتتصل كل شعرة بغدة عرقية وعضلة صغيرة تعمل على انتصاب الشعرة عند الخوف أو القشعريرة. وتتكون الشعرة من ثلاث طبقات هي من الداخل للخارج : النخاع فالقشرة فطبقة الكيوتيكل القرنية، أما الصبغة الملونة للشعر فتوجد في النخاع.

2- الغدد العرقية : وهي معصبة بألياف من العصب السمبثاوي مع فرق هو أن المادة الكيميائية الناقلة هي الأستيل كولين وليست النور أدرينالين، وهي تفرز العرق الذي يحتوي على الماء ونسبة 1-4% كلوريد الصوديوم بمعدل 500 - 600 سم3 يومياً. وهناك غدد عرقية أخرى توجد في الإبطين وحول حلمات الصدر والفرج، غير معصبة، وتفرز سائلاً لا رائحة له، ولكن بفعل الجراثيم قد تصبح رائحته كريهة.



3- الأظافر : وهي عبارة عن طبقة واضحة من البشرة متحورة وسميكة جداً، وهي قرنية تتكون من الكيوتيكل.

وظائف الجلد :

يقوم الجلد بعدة وظائف هي :

1- الحماية : يحمي الجسم من أذى الأجسام الغريبة والجراثيم والمواد الكيميائية.

2- الاحساس : يقوم الجلد بواسطة المستقبلات الحسية بدور الاحساس باللمس والألم والحرارة وغيرها من أنواع الاحساسات.

3- الإخراج : يقوم بواسطة الرشح والعرق بطرح الأملاح وبعض نواتج الأيض.

4- الخزن : يعمل كمخزن للدهون والماء للاستعمال وقت الحاجة، وبفعل خزن وطرح الماء والأملاح يعمل على حفظ توازن الماء في الجسم.

5- الامتصاص : هناك كمية معينة من التبادل الغازي تحدث عبر الجلد.

6- التوازن الحامضي - القاعدي : في حالة الحماض يزداد افراز الجلد للعرق الحامضي فيساعد في انخفاض الحموضة داخل الجسم.

7- تنظيم حرارة الجسم : حيث يعمل على تخليص الجسم من حرارته الداخلية بطرق متعددة، كالاشعاع والتبخر والتوصيل والنقل.

حاسة السمع Hearing والأذن Ear

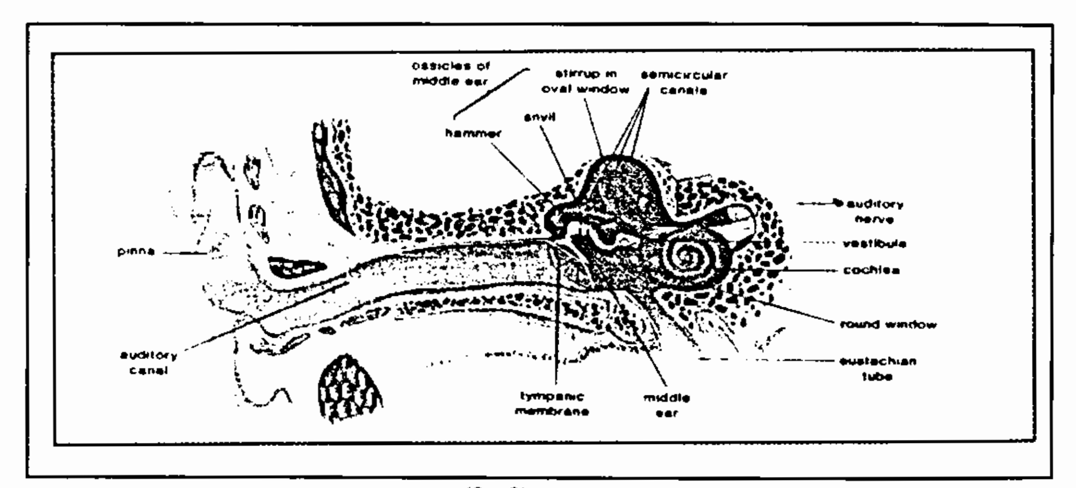
تقوم الأذن بوظيفة السمع، وهي تتكون من ثلاثة أجزاء خارجية ووسطى وداخلية (شكل رقم 3 - 2).

1- الأذن الخارجية External ear ، وتشمل :

أ) الصيوان Pinn : الذي يعمل كهوائي (انتيني) يلتقط الامواج الصوتية ويوجهها.

ب) القناة السمعية الخارجية (الصماخ) : وهي ملتوية ومتعرجة طولها حوالي 2.45 سم^2 تنتهي من الداخل بغشاء الطبلة، وتعرج الصماخ يحمي الطبلة من الصدمات المباشرة.





شكل رقم (3 - 2)
الأذن وحاسة السمع

2- الأذن الوسطى **Middle ear** :

وهي عبارة عن فراغ يشتمل على عظيمات السمع Auditory oscicles التي هي :

أ- المطرقة malleus.

ب- السندان incus

جـ- الركاب stapes

وهي متصلة ببعضها البعض بغشاء الطبلة (Tympanic membrane (drum الذي يشكل مغلق الأذن الوسطى من الخارج، وهو اهليجي أو بيضاوي الشكل، ويتصل به من الأعلى ذراع المطرقة. وفي جدارها المتوسط توجد نافذتان احداهما بيضاوية oval والأخرى مستديرة round. وعبر الجدار الأمامي توجد قناتان الأولى علوية تقع في العضلة الطبلية، والثانية سفلية وتعرف بالقناة السمعية (قناه اوستاكي) تفتح على البلعوم، وتكون مغلقة، ولا تفتح إلا عند المضغ أو التثاؤب أو العطاس، وظيفتها مساواة الضغط على وجهي الطبلة.

3- الأذن الداخلية : **Inner ear** : وتحتوي على أعضاء التوازن واعضاء السمع وتتكون من :

أ) القنوات الهلالية : Semicircular canal : وهي جزء لا سمعي لها علاقة بتوازن الجسم.



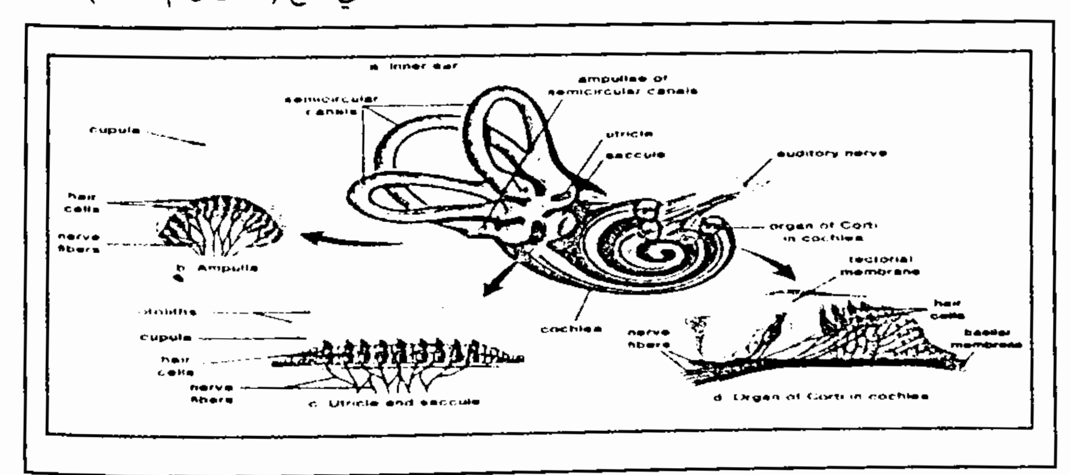
ب) القـوقـعـة Cochlea : قناة عظمـية على شكل لولب حلزوني يقـسم إلى ثلاثة أجـزاء : الجـزء الأوسط والجـزء الدهليزي والجـزء الطبلي. ويشـتمل على جـهاز السـمع المعروف باسم عضو كورتي Organ of Corti الذي يحتوي على مستقبلات السمع.

جـ) الدهليز Vestibule : يقع في الخلف، وهو تيه عظمي يتألف من عدة أغشية جوفية تشتمل على ثلاث قنوات شبه دائرية، وأعضاء الحصية الأذينية التي تتألف من كيس وحويصلة utricle، ويقوم بالوظائف الآتية:

* المحافظة على عضلات الصوت وموقعها وتوازنها.
* المحافظة على انتصاب الرأس فوق الجذع.
* المحافظة على توازن الجسم والرأس.

آلية السمع:

يقوم الصيوان باستقبال الموجات الصوتية ويوجـهها نحو القناة السـمعية الخـارجية، فتصطدم بالطبلة محدثة ضغطاً عليها ثم يزول هذا الضـغط فتحـدث ذبذبات لغشـاء الطبلة. وتقوم عظيمات السمع بنقل هذه الذبذبات الصوتية الى الأذن الداخلية مع السائل القوقعي عبر النافذة البيضاوية، ثم يصل الى القوقعة عبر النافذة الدائرية. وهذه الذبذبات تحفز المستلمات السمعية لعضو كورتي الموجود في القوقعة. ثم تنتقل السيالات عبر العصب السمعي Auditory nerve الى المراكـز السمعيـة Auditory centres في المخ (شكل رقم 3 - 3).



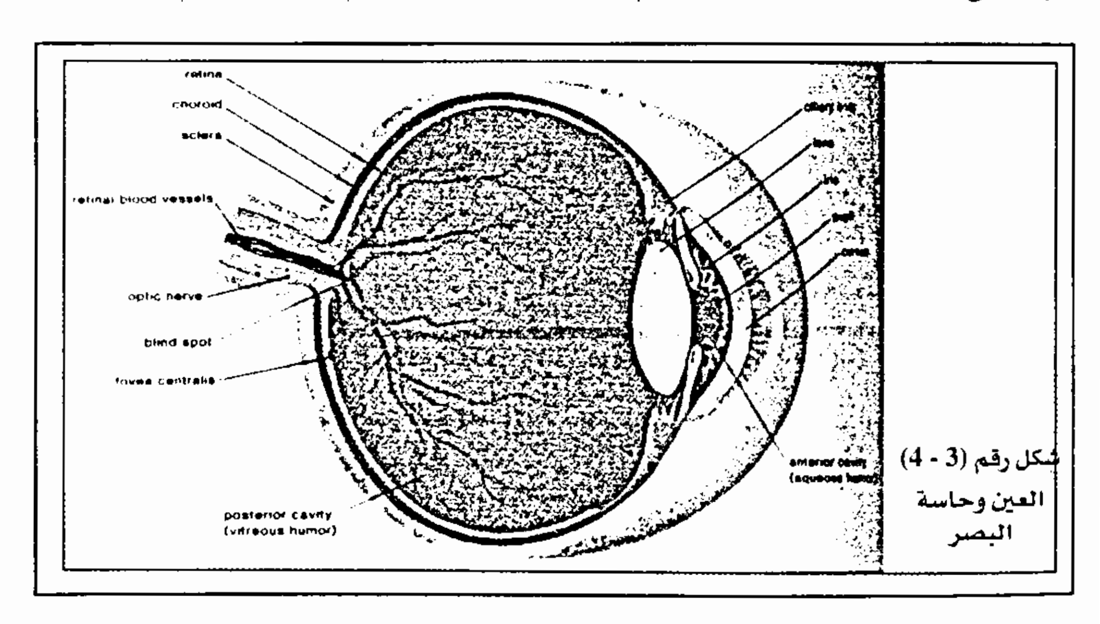
شكل رقم (3 - 3)

الأذن الداخلية آلية السمع



حاسة البصر Vision والعين

العين تمثل الغرفة السوداء لآلة التصوير، فهي تستقبل الصور المرسلة من الخارج، وترسلها الى الدماغ عبر الأعصاب البصرية. وتقسم العين تشريحياً الى الأقسام الآتية شكل رقم(3 - 4):-



شكل رقم (3 - 4)
العين وحاسة البصر

أولاً - الأجزاء الواقية Protectore parts،وهي:

أ) المدار Orbit : تجويف عظمي مخروطي الشكل قاعدته للأمام.

ب) الحاجب Eyebrow: عبارة عن نتوء في الطرف العلوي للحجاج، عليه شعر.

جـ) الجفن Eyelid : غشاء ليفي عضلي يقي العين من الصدمات والأجسام الغريبة، والجفن العلوي اكبر من السفلي، ويعمل أيضاً على توزيع الدموع.

ثانياً - مغلفات العين Envelopes :

أ) الصلبة Sclera : وتشكل بياض العين، وهي غشاء ليفي متين معتم، يشكل الغلاف اقي للعين. والخمس الأمامي منه هو القرنية.



ب) العنبة Uvea : الطبقة الوسطى للعين وتتألف أساساً من الأوعية الدموية، وهي الطبقة المغذية للعين، وتتكون من :

1- القزحية Iris : غشاء امامي دائري الشكل في وسطه ثقب يدعى البؤبؤ pupil يعمل على تنظيم دخول الضوء للعين.

وتحتوي القزحية على خلايا ملونة تعطيها اللون الخاص بها، وعلى عضلة عاصرة للبؤبؤ وعضلة موسعة له.

2- الجسم الهدبي Ciliary body : يتألف من العضلة المهدبة، والامتدادات الهدبية التي تفرز الرطوبة المائية.

3- المشيمية Choroid : التي تعمل على :

- تغذية الشبكية والجسم الهدبي والقزحية.
- تنظيم الضغط داخل العين.
- دعم واسناد الشبكية.
- تمنع انعكاس الضوء من داخل العين بسبب لونها.

ثالثاً - الأجزاء الشفافة Transparent parts :

أ- القرنية Cornea : وهي تشكل الـ 1/5 الأمامي لغلاف العين الواقي، وهي شديدة الحساسية للألم واللمس والحرارة لوجود مستقبلات خاصة عليها. وهي خالية من الأوعية الدموية لكي تحافظ على شفافيتها وتقوم بما يلي :

- تعمل كعدسة محدبة لكسر الضوء.
- تسمح بمرور الضوء بسهولة.
- تحمي العين من الصدمات والأجسام الغريبة، وذلك بفضل منعكس القرنية الذي يؤدي الى غلق العين.

ب- الرطوبة المائية Acquous Humour : سائل شفاف يتكون من الماء والصوديوم والسكر والبروتين. يتم افرازه من الامتدادات الهدبية، ويوجد في الغرفة الأمامية. يقوم بالمحافظة على شكل العين، وعلى الضغط داخل العين وتغذية الاجزاء التي لا تحتوي على اوعية دموية كالعدسية والقرنية.



وإذا ارتفع الضغط داخل العين عن 24 ملم زئبق تصاب بمرض ارتفاع الضغط داخل العين المعروف بالجلوكوما Glaucoma بسبب عدم جريان الرطوبة المائية داخل الاوردة الهدبية.

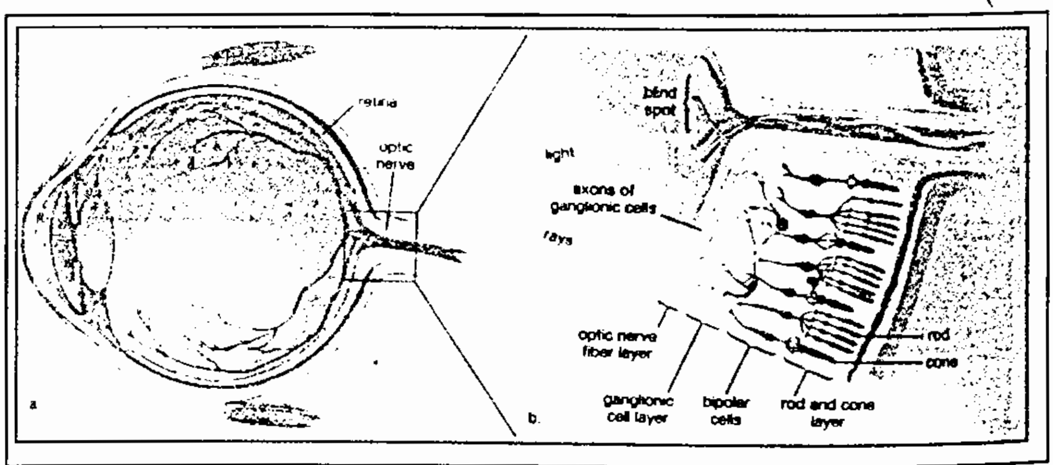
جـ- الرطوبة الزجاجية Vitrous Humour : سائل لزج يحتوي على ألياف، يملأ الفراغ بين الوجه الخلفي للعدسية والوجه الأمامي للشبكية. ويقوم بدعم واسناد الشبكية ومنعها من السقوط للأمام، ومنع العدسية من السقوط للخلف، ويحافظ على شكل المقلة.

د- العدسية Lens : وهي محدبة الوجهين تقع بين الرطوبة المائية والرطوبة الزجاجية. وتكون مطاطية وشفافة لعدم احتوائها على أوعية دموية، تتغذى من الرطوبة المائية.

رابعاً - جهاز الادراك :

وهو الغلاف العصبي الداخلي ويحتوي على الشبكية التي تحول الطاقة الضوئية الى سيالات عصبية تنقل الى العصب البصري.

الشبكية Retina : وهي الطبقة الحساسة للضوء تقع بين المشيمية والرطوبة الزجاجية، تتكون من 7 طبقات، تحتوي على خلايا ملونة تمنع انعكاس الضوء داخل العين، وتحتوي على المتسقبلات البصرية وألياف العصب البصري، وتشتمل على خلايا بصرية أهمها (شكل رقم 3 - 5).



شكل رقم (3 - 5)

شبكية العين



1- الخلايا الدائرية Rod Cells : عددها حوالي 120 مليون خلية، توجد على أطراف الشبكية، وتحتوي على مادة الرودوبسين Rhodopsin الحساسة للضوء الخافت، وهي خاصة للرؤية أثناء الليل، ولا تستطيع رؤية الالوان ولا تفاصيل الأشياء.

2- الخلايا المخروطية Cone Cells : عددها حوالي سبعة ملايين خلية، توجد في مركز الشبكية وخاصة في الانخساف المركزي، تحتوي على مادة اليودوبسين Uodopsin غير الحساسة للضوء الخافت، ولا تثار الا بالضوء القوي، لهذا فهي خاصة للرؤية أثناء النهار وتستطيع ادراك الالوان وتفاصيل الأشياء. ويوجد في الشبكية بقعتان خاصتان هما :

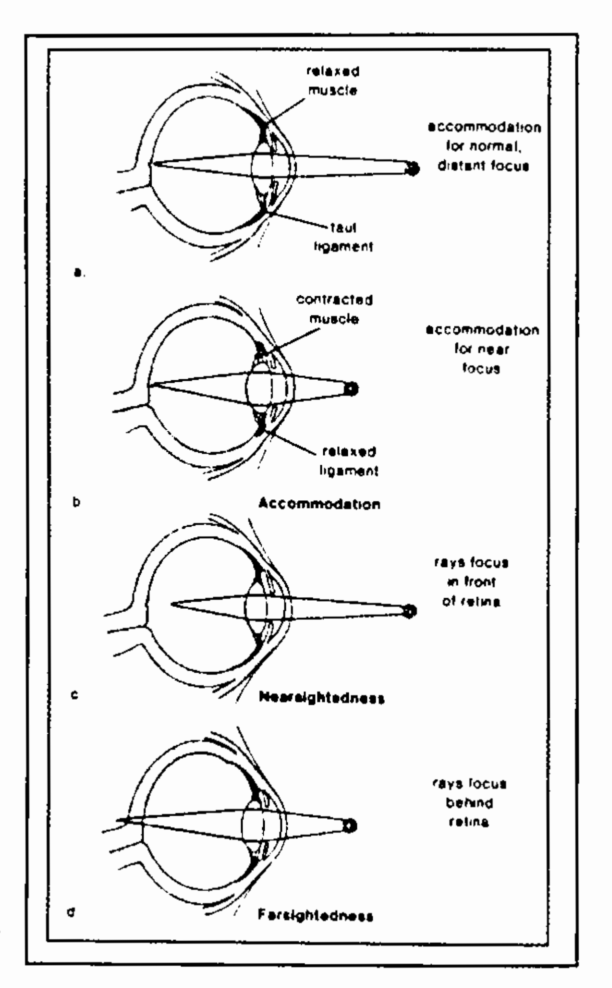
1- القرص البصري Optic disc أو النقطة العمياء : وهو عبارة عن مخرج العصب البصري، فهو يتألف من ألياف عصبية فقط ولا يحتوي على أي نوع من الخلايا البصرية، ولهذا لا يستطيع ادراك الضوء مطلقاً، ويبلغ قطره 1.5 ملم، ويقع على بعد 3 ملم من البقعة الصفراء.

2- البقعة الصفراء Macula lata : بقعة لونها أصفر، مركزها فيه انخساف Fovea Centralis، يحتوي على عدد كبير من الخلايا المخروطية فقط، ولهذا فهي مختصة برؤية الألوان وتفاصيل الأشياء أثناء النهار.

آلية الرؤيا :

عندما تسقط الاشعة الضوئية الصادرة من الجسم على العين، يكيّف البؤبؤ نفسه لتنظيم دخول الأشعة للعين التي تسقط على الشبكية، فتعمل على إثارة المستقبلات أي الخلايا الدائرية والمخروطية فتحول الضوء إلى جهد في العصب البصري الذي يتكون من عصبونات تصل المستقبلات بقشرة الدماغ مارة بالاجزاء السبع التالية (شكل رقم 3 - 6).





شكل رقم (3 - 6)
آلية الرؤيا في العين

1- الشبكية Retina : تتصل المستقبلات بالخلايا ثنائية القطب التي هي عبارة عن العصبون الأول، وتتشابك حول الخلايا العقدية التي تشكل العصبون الثاني، ومحاور الخلايا العقدية تشكل العصب البصري. وتتكون صورة مقلوبة للشيء المرئي.

2- العصب البصري Optic nerve : يتكون من مليون محور من محاور الخلايا العقدية، وهو غير محاط بغمد، فلا يتجدد اذا أصيب بعطب، ويمتد حتى التصالب البصري.

3- التصالب البصري Optic Chiasma : الألياف الصدغية في العصب البصري تمر في نفس الجهة. أما الألياف من جهة الأنف فتقطع الى الجهة المعاكسة مكونة تقاطعاً أو تصالباً مع الالياف الأنفية من الجهة الأخرى.

4- المسار البصري Optic tract : تمتد إلى الجسم الركبي الجانبي، وتشمل الألياف الصدغية غير المتقاطعة والألياف الأنفية المتقاطعة والقادمة من الجهة المعاكسة.

5- الجسم الركبي الجانبي Genicliated body : جزء من نواة المهاد الخلفي.

6- الاشعاعات البصرية Optic Radiation : تصدر عن الجسم الركبي الجانبي، وتمر من الجزء الخلفي للمحفظة الداخلية وتنتهي في منطقة الرؤيا الحقيقية التي ترى الأشياء دون فهم معانيها، وترى الألوان، وتجمع الصورتين من الشبكيتين في صورة واحدة، وتحدد مكان الجسم المرئي، وتعدل وضعية الصورة المقلوبة.

7- القشرة البصرية Optic cortex : تقع في الفص القذالي، وتتألف من مناطق الرؤيا الحقيقية ومراكز الرؤيا العليا، فتعطيان الرؤية معانيها، فتفهم معاني الكلمات المكتوبة، وتربط الألوان بالأشياء.

كيف تنتقل السيالات العصبية من الخلايا الحسية للشبكية الى العصب البصري؟

تنتقل السيالات العصبية التي تكونت في حوالي 30 مليون خلية مخروطية وعصوية الى خلايا عصبية ذات قطبين في الشبكية ومنها تنتقل الى خلايا عقدية ganglion cells. وتكون محاور هذه الخلايا العقدية الياف العصب البصري Optic nerve.

ويتضح من ذلك أن عدة خلايا مخروطية وعصوية تتشابك مع خلية واحدة ذات قطبين. وان عدة خلايا من ذوات القطبين تصلها سيالات من جزء معين من الشبكية بدلاً من خلية حسية واحدة. وان كل خلية عقدية تصلها سيالات من منطقة الشبكية اكبر من المنطقة التي ارسلت سيالاتها الى الخلية ذات القطبين.

وفي النهاية تصل السيالات العصبية عن طريق العصب البصري الى المخ. وعندما يصل العصب البصري المخ، تعبر نصف الالياف العصبية لكل عصب بصري الى الجانب الاخر من المخ لتكون المسار البصري Optic tract. ويتكون نتيجة هذا العبور ما يسمى بالتصالب البصري Optic chiasma. وعندما تصل الياف المسار البصري الى منطقة المهاد



Thalamus، تنقل محاور هذه الخلايا السيالات الى مراكز الابصار في مؤخرة المخ في الفص الخلفي لقشرة المخ.

ومن هنا يتضح ان قطع العصب البصري الأيسر يؤدي الى فقدان البصر في العين اليسرى فقط. بينما يؤدي قطع المسار البصري الايسر في قشرة المخ الى فقدان القدرة على تمييز المرئيات في نصف المجال البصري لكل عين. ويعود السبب في ذلك الى ان نصف الالياف العصبية في المسار البصري الايسر صادر من العين اليسرى والنصف الاخر من العين اليمنى.

بعض أمراض العين وعيوب البصر:

1- طول البصر **Hypermetropia** :

وينجم اما عن كون مقلة العين قصيرة أو كون جهاز العدسية ضعيف وذلك بسبب ارتخاء العضلة الهدبية. لذلك فان الحالة تؤدي الى عدم انحناء الاشعة الضوئية المتوازية بشكل كاف أثناء مرورها عبر العدسية. ومن هنا لا تتقارب الاشعة عند وصولها الشبكية فيقع خيالها خلف الشبكية.

ويرى الشخص المصاب ببعد أو طول البصر الأشياء البعيدة ولكنه لا يستطيع رؤية الاجسام القريبة بصورة واضحة. ويحدث عند التقدم بالعمر ان تصبح عدسية العين قليلة المرونة. لذلك يصبح كبار السن غير قادرين على رؤية الاجسام القريبة بشكل واضح بعكس الأشياء البعيدة عن الشبكية التي تكون واضحة.

2- قصر النظر **Myopia** :

وفي الشخص المصاب بقصر النظر تتجمع الأشعة أمام الشبكية. حيث ينجم ذلك عن زيادة تحدب العدسية وزيادة قوتها الانكسارية وطول قطر كرة العين. لذلك ترى الصورة امام الشبكية. ويمكن تصليح قصر النظر باستعمال عدسة مقعرة Concave وهي مبعدة للأشعة.

3- استجماتزم **Astigmatism** :

ويحدث نتيجة عدم انتظام تحدب العدسية أو القرنية. لذلك فإن الاشعة لا تتركز على

الشبكية. ولا يمكن للمصاب ان يركز لمدة طويلة على الاجسام. ويمكن معالجة هذه الحالة باستعمال عدسات لاصقة او نظارات طبية بعدسات مركبة.

4- عمى الالوان Colour Blindness :

ويعني عدم القدرة على تمييز الالوان وخاصة اللونين الاحمر والاخضر. وينجم ذلك عن غياب احد المخاريط الملونة التي ذكرناها في شبكية العين.

5- طول البصر الشيوخي Presbyopia :

ويعني فقدان امكانية التكيف على رؤية الاشياء القريبه بسبب فقدان مطاطية العدسية، وتظهر هذه الحالة بعد سن 45 عام من العمر حيث يرى الشخص عن بعد بوضوح ولا يرى بوضوح عن قرب.

6- العدسه الكدرة Cataract :

وتعني فقدان شفافية العدسية بسبب ترسب الكالسيوم والبروتينات فوقها مما يؤدي الى فقدانها للشفافية وبذلك تقل الرؤيا.



التوازن Balance :

ويعد الجهاز الدهليزي Vestibular system في الأذن الداخلية هو المسؤول عن توازن الجسم ويتكون من :

1- القربة Utriculus.

2- القنوات الهلالية Semicircular canal.

3- الكييس Sacculus.

ويتم الحفاظ على توازن الجسم في وضعية الانتصاب، وعدم الترنح والاهتزاز أثناء الوقوف أو المشي بفضل جهاز خاص بالتوازن. ويتكون من مستقبلات التوازن الموجودة في القنوات الهلالية الثلاث الموجودة في دهليز الأذن الداخلية. وهذه المستقبلات عبارة عن خلايا شعرية يتوضع عليها حبيبات من كربونات الكالسيوم، ومن العصبونات الحسية المسؤولة عن التوازن من العصب السمعي (الجزء الدهليزي)، ومن المنطقة العليا الموجودة في المخيخ.

يتم تنبيه المستقبلات الشعرية المسؤولة عن التوازن بفعل حركة الرأس، أو تغيير وضعيته، فيتحول ذلك التنبيه الى جهد عمل ينقل المعلومات عن وضعية الرأس الى المخيخ، وتؤدي هذه المعلومات الواردة من مستقبلات التوازن في الدهليز وظيفتين، هما :

أ) مراقبة عمل العضلات المحركة للعين، والتحكم بها، بحيث أنه عندما تكون العين تنظر إلى نقطة ما، ويحرك الشخص رأسه إلى الجهة المعاكسة فإن هذه العضلات تثبت نظر العين في النقطة نفسها، أي أنه بالرغم من دوران الرأس لليسار تبقى العين تنظر لليمين.

ب) المحافظة على وضعية انتصاب القامة، وانتصاب الرأس على القامة، وادراك الشخص للفراغ المحيط به، والمنعكسات المرافقة للحركة. ويتم تنظيم التوازن بشكل أساسي من المخيخ، الا أن هناك عوامل أخرى تتدخل في عملية التوازن، وبناء على ذلك فإن العوامل المؤثرة على حفظ التوازن، هي :

1- منعكسات المد Stretch Reflexes : وهي عناصر أساسية لحالة الوقوف بثبات. إلا أنها هي نفسها تقع تحت رقابة الجهاز العصبي المركزي.

2- البصر : وله دور رئيسي في عملية التوازن والثبات، ويمكن التأكد من هذا الدور بمقارنة حالة الوقوف على قدم واحد في حالة فتح العينين، وفي حالة اغلاقهما، فيلاحظ أن التوزان والثبات أكثر في الحالة الأولى.

3- المستقبلات الدهليزية: حيث أن قطع الطريق العصبية الواصلة بين المستقبلات التوازنية في الدهليز والمخيخ، يجعل من الصعب الوقوف بدون اهتزاز وترنح، وخاصة عند اغلاق العينين. لأن فتح العينين يساعد على حفظ التوازن، ولكن عند اغلاقهما يتوقف هذا الدور لهما، ويبقى دور المستقبلات في التوازن. فإن وجد فيها تلف، فإنها لا تستطيع القيام بدورها في حفظ التوازن.

ويتضح من ذلك ان اتزان الجسم يعتمد على عدة اعضاء تشترك فيما بينها لتجعل الجسم يقف في حالة اتزان دائم وهي :

1- الجهاز الدهليزي.

2- الجهاز البصري.

3- الاعصاب الحسية في العضلات والمفاصل.

4- الاعصاب الحسية في الجلد وخاصة في أخمص القدم.

حاسة الذوق Taste واللسان Tanque

يعد اللسان عضو الذوق الرئيسي، ويغطيه غشاء مخاطي يمتد الى اللهات وبقية اجزاء الفم. وتوجد في اللسان مستقبلات الذوق وهي عبارة عن تراكيب خاصة تسمى براعم الذوق Taste buds. وتنتشر في السان نهايات الاعصاب الذوقية حيث تفتح نهاياتها على شكل نتوءات تسمى حلمات Papillae.

وتتأثر المستقبلات الكيميائية في اللسان بالمواد التي تذوب في لعاب الفم حيث ينجم عن ذلك إثارة جهد فعل وانتقال سيالات عصبية تنتقل الى مراكز الذوق في المخ. ويوجد في الانسان ما يقارب عشرة آلاف برعم ذوق.



أنواع حلمات الذوق :

1- حلمات خيطية **Filiform** : وهي صغيرة جداً موزعة على سطح اللسان وخاصة في مقدمته ويكون بعضها ضيقاً والبعض الآخر مرتفعاً.

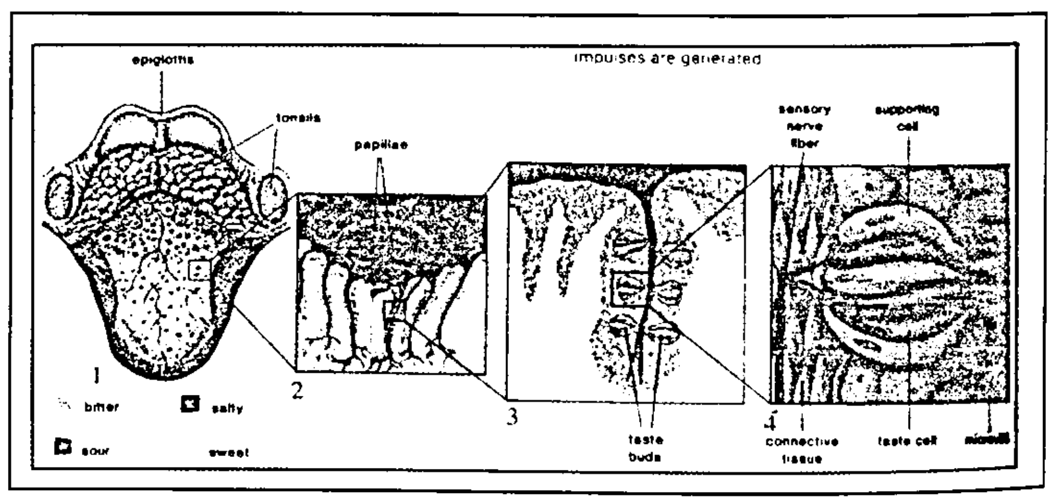
2- حلمات فطرية **Fungiform** : وهي اكثر اتساعاً من الاولى وتكون مرتفعة وتتوزع على سطح اللسان وخاصة على الجانبين.

3- حلمات كاسية : وحجمها اكبر من الأنواع الاخرى ويوجد فيها ما بين 9 - 14 حلمة. وتكون مرتبة على شكل حرف V يتجه طرفيها نحو الحلق.

أنواع الإحساسات الذوقية :

هناك عدد من الإحساسات الذوقية في الإنسان وهي (شكل رقم 3 - 7) :

- مالحة Salt — - حلوة Sweet
- حامضة Sour — - مرة Bitter



شكل رقم (3 - 7)

حاسة الذوق انواع الاحساسات الذوقية في اللسان

وتختلف اجزاء اللسان من حيث درجة تأثرها بهذه الاحساسات فمثلاً الاحساس بالمواد المالحة على السطح العلوي للسان، والمواد الحلوة على رأس اللسان، والمواد الحامضة على اطراف اللسان، والمواد المرة على الجزء الخلفي من اللسان.



آلية التذوق :

لكي يتمكن الانسان من تذوق مادة معينة يلزم اولاً ذوبان تلك المادة باللعاب او في السائل المخاطي الذي يغطي اللسان. ولان الذوق هو حاسة كيميائية فهناك مستقبلات كيميائية تتأثر بهذه المادة عند ذوبانها. وكلما ازدادت درجة الذوبان ازدادت درجة التذوق.

ويؤثر محلول المادة على الخلايا الحسية الموجودة في براعم التذوق فيتولد في هذه الخلايا سيالات عصبية يتم التقاطها بواسطة الالياف العصبية الحسية الموجودة في قاعدة البرعم. ثم تنتقل السيالات بواسطة الياف العصب التاسع (العصب اللساني البلعومي) الى ساق الدماغ Bain stem حيث تتشابك مع خلايا عصبية ثم ينتقل الاحساس الى المهاد Thalamus ومنه ينتقل الاحساس الى مراكز التذوق في قشرة المخ حيث يتم تمييزها .

حاسة الشم Smell والأنف Nose

يعد الأنف عضو الاحساس بالشم ويتكون من فتحتين يفصل بينهما فاصل عضمي. ويغطي الانف غشاء شمي يحتوي على نوعين من الخلايا وهي :

1- خلايا مستقبلات شمية Olfactory receptor cells :

وهي خلايا عصبية متحورة من نوع ذات القطبين. وتحمل كل خلية منها زوائد او اهداب شعرية في طرفيها يمتد الى المخاط الذي يبطن التجويف الأنفي.

2- خلايا ساندة Supporting cells :

ولها وظيفة الدعم والاسناد لخلايا المستقبلات الشمية.

آلية الإحساس بالشم :

يعتبر الاحساس بالشم احساس كيميائي. لذلك يجب توفر مادة في حالة غازية تذوب في السائل المفرز من قبل غدد بومن Bowman's gland وهو سائل زيتي. وعندما تدخل هذه المادة الكيميائية الغازية الى الأنف تحفز المستقبلات الشمية Olfactory receptors. وينتج عن ذلك سيالات عصبية تنقل عبر العصب الشمي الى المراكز الشمية في المخ Olfactory Centres in brain (شكل رقم 3 - 8).



ومن المعروف أن حاسة الشم اكثر حساسية بحوالي عشرة آلاف مرة من حاسة الذوق. كما ان المواد الكيميائية التي تذوب في الماء او الدهن تميل لان تكون لها رائحة قوية. وللتركيب الكيميائي تأثير في الرائحة حيث لوحظ ان المواد المتشابهة في تركيبها الكيميائي تتشابه في رائحتها. ويستطيع الانسان ان يميز ما بين 2000 - 4000 نوع من الروائح للفترة الاولى ولكن بعدها يتكيف الأنف فلا يستطيع أن يميز هذه الروائح.

شكل رقم (3 - 8)

حاسة الشم والانف.



فسيولوجيا العضلات Muscle physiology

* تعتبر العضلات وسائل لتحويل الطاقة الكيميائية إلى طاقة ميكانيكية.
* تستجيب العضلات للتغيرات في المحيط الخارجي وبذلك يتلائم الجسم بحركته أو حركة عضو من اعضائه للظروف الخارجية.
* تعتمد الفعاليات الحيوية على التقلص العضلي مثل نبض القلب، توسع أو تضيق الأوعية الدموية وحركة الأمعاء وغيرها.
* تتألف العضلة من عدد من الألياف أو الخلايا.
* هناك ثلاثة أنواع رئيسة من العضلات تختلف عن بعضها في التركيب النسيجي والموقع والوظيفة الفسيولوجية ونوع الألياف العصبية المتصلة بها وهي:-

1) العضلات الملساء Smooth muscles

وهي غير مخططة unstriated، حشوية visceral ولا إرادية unvoluntary.

* تتميز اليافها بأنها مغزلية الشكل تحتوي على نواة واحدة في الوسط.
* خالية من التخطيطات العرضية ولكنها تحوي تخطيطات طولية غير واضحة.
* توجد في جدران الأعضاء الداخلية أو الحشوية وغير واقعة تحت التصرف الإرادي.
* مزودة بألياف عصبية ذاتية ودية ونظير ودية.
* تعد الأقل تخصصاً Least specialized.
* تظهر إيقاعات بطيئة تقلصية وإنبساطية.

2) العضلات القلبية Heart muscles

* تتميز خلاياها بإحتوائها على تخطيطات طولية وعرضية مندمجة مع بعضها البعض مكونة ما يسمى بالمندمج Syncytium.
* لا تقع تحت التصرفات الإرادية.



* مزودة بألياف عصبية من الجهاز العصبي الذاتي.

* أكثر تخصصاً من الأولى "More highly specialized"

* تظهر إيقاعات سريعة تقلصية وإنبساطية تنتشر خلال جميع كتلة العضلات.

* توجد في القلب فقط.

3- العضلات الهيكلية Skeletal Muscles

وهي مخططة Striated or striped، وإرادية Voluntary .

* تتميز أليافها بكونها إسطوانية ذات عدة نوى.

* عضلات قوية تتصل بالعظام وتزود بألياف عصبية جسمية Somatic nerve fibers.

* تعد الأكثر تخصصاً بين العضلات Most highly specialized.

* تظهر إيقاعات سريعة قوية وتوجد في الساق والرأس والجسم.

الليف العضلي:

* يتكون الليف العضلي من إندماج عدد كبير من الخلايا العضلية لذلك فإنه تحتوي على عدد كبير من النوى.

* يحيط بالليف العضلي غشاء رقيق يسمى الساركوليما Sarcolemma، يكون مملوء بمادة هلامية تسمى الساركوبلازم Sarcoplasm.

* توجد في الساركوبلازم آلاف التراكيب الخيطية ترى تحت المجهر بسهولة تدعى اللويفات العضلية Myofibrils.

* يزود العضلة عصب مختلف يتألف من ألياف حسية وألياف حركية.

* تتصل الألياف الحسية بالمغازل العضلية لتحمل الإيعاز العصبي الوارد من العضلة إلى الجهاز العصبي المركزي CNS.

* يقوم الجهاز العصبي بإصدار الإيعازات العصبية خلال الألياف الحركية عن مقدار تقلص العضلة المناسب.



* تتصل نهايات الألياف العصبية بأغشية الألياف العضلية بواسطة تركيب خاص يسمى الإندماج العضلي- العصبي Myoneural junction.

* يتصل الليف العصبي الواحد بواسطة تفرعات محورة بعدد كبير من الألياف العضلية وتسمى هذه بالوحدة الحركية Motor unit.

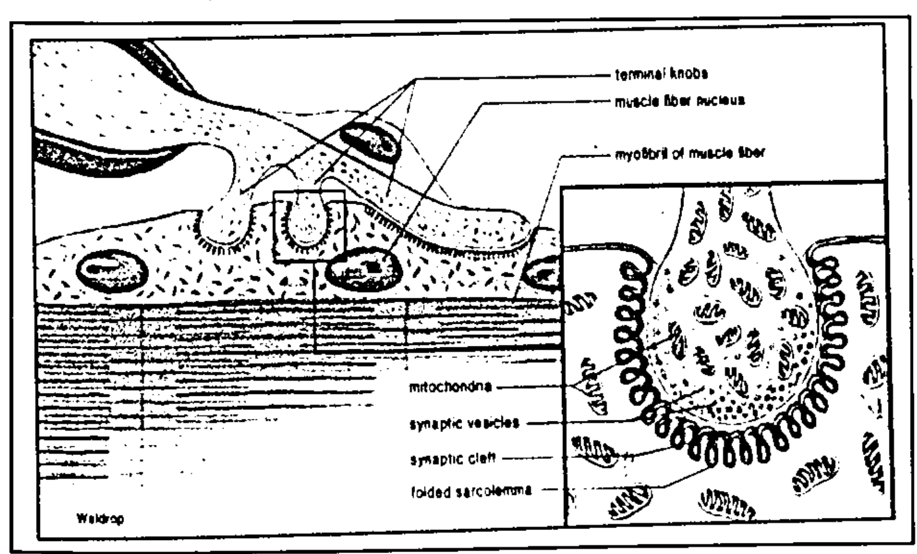
الوحدة الحركية:

هي الوحدة الوظيفية في العضلة وفعالية العضلة، هي مجمل فعاليات وحداتها الحركية. ويتراوح عدد الألياف العضلية في الوحدة الحركية ما بين 5-200 ليف عضلي.

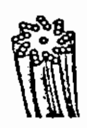
الإندماج العضلي- العصبي Myoneural junction

* لا يوجد إتصال بين سايتوبلازم نهاية الليف العصبي وسايتوبلازم الليف العضلي ولكن توجد فسحة ضيقة بين غشاء الليفين.

* تتميز تفرعات نهاية محور الخلية العصبية بأنها لا تحوي غلاف دهني وتتسطح في نهايتها على شكل قرص يستقر في إنخفاض الساركوليما في غشاء الليف العضلي تدعى هذه المنطقة بالصفحية النهائية الحركية Motor end plate (شكل 4-1).



شكل (4 - 1)



* عندما يصل الإيعاز العصبي إلى نهاية الليف العصبي تتحرر من داخل الحويصلات Ves-icles الصغيرة كمية من الأستيل كولين فتجتاز الفسحة بالإنتشار البسيط.

* يسبب الأستيل كولين زوال الإستقطاب في غشاء الصفيحة النهائية ثم الساركوليما ومن ثم إنتقال موجة من جهد الفعل Action potential في الغشاء بسرعة.

* يعقب جهد الفعل تقلص اللويفات العضلية.

ويعتقد بأن الأستيل كولين يغير نضوجية الساركوليما للأيونات، فتزداد نضوحيه الصوديوم وتقل نضوجية البوتاسيوم، ويؤدي دخول أيونات الصوديوم إلى زوال الإستقطاب.

* عند حصول زوال الإستقطاب حداً معيناً (العتبة) تسير الموجة من جهد الفعل إلى الساركوليما.

* يزول مفعول الأستيل كولين حالاً بعد كل تحفيز بواسطة أنزيم كولين استريز Chol-inesterase الذي يحلل الأستيل كولين إلى مادة الكولين وحامض الخليك

$$\text{Acetycholine} \xrightarrow{\text{cholinesterase}} \text{Choline + Acetic acid}$$

* عند عدم زوال الأستيل كولين يبقى الليف العضلي في حالة تقلص.

كيفية حدوث التقلص العضلي؟

شملت هذه الدراسة :

1- دراسة التركيب الدقيق لليف العضلي مجهرياً

2- الدراسات الكيميائية – الحيوية

3- تحضير ودراسة نماذج من الألياف العضلية الإصطناعية

الدراسات الكيميائية الحيوية تشمل:

بروتينات الألياف العضلية

* تحتوي الألياف العضلية إضافة إلى المواد البروتينية التي تحويها معظم الخلايا الأخرى على برتينات خاصة بالألياف العضلية وهي:

الميوسين Myosin والأكتين Actin

* عند ضغط العضلة بشدة تخرج منها بروتينات في العصير ومعظمها إنزيمات البروتينات الباقية في الألياف هي الميوسين والأكتين فقط.

تذوب هذه البرتينات في المحاليل الملحية ويمكن إستخلاصها من العضلة بوسطة محلول مخفف من كلوريد البوتاسيوم.

* يوجد الميوسين في إتحاد مع المغنيسيوم Mg^{++}.

* أما الأكتين فيوجد في إتحاد مع الكالسيوم Ca^{++}. لذلك فإن لهذين الأيونين أهمية في التقلص العضلي.

* وجد أن جميع ATP في الليف العضلي في إتحاد مع الميوسين

* وللميوسين قابلية على تحويل ATP إلى ADP أي أن له صفة أنزيمية لذا فقد سمي أيضاً Adenosin Triphosphatase (ATP-ase) .

$$\text{ATP} \xrightarrow[\text{Or ATP-ase}]{\text{Myosin}} \text{ADP}$$

* يمكن أن يتحد الميوسين مع الأكتين ليكون مركب ذو لزوجة عالية أعلى من كل منهما على حدة ويسمى المركب الناتج Actomyosin:

$$\text{Actin + Myosin} \longrightarrow \text{Actomyosin}$$ مركب ذو لزوجة عالية

* لقد أصبح بالإمكان تحديد مواقع الميوسين (الذي يكون خيوط سميكة) والاكتين (الذي يكون خيوط رفيعة) في الليف العضلي بواسطة المجهر الإلكتروني وكذلك إستخلاصها من الليف العضلي (أنظر آلية التقلص العضلي).

إنبعاث الحرارة أثناء التقلص:

* لا يتم التقلص العضلي إلا بصرف كمية من الطاقة التي تتحول بعد ذلك إلى حرارة تنبعث من العضلة.

* يمكن قياس كمية الحرارة المتولدة بأجهزة حديثة حساسة مثل المزدوج الحراري Thermo-couple.



* تنبعث الحرارة أثناء التقلص العضلي بمرحلتين هما :

1- الحرارة الأولية Initial heat وتشمل :

أ) حرارة القصر أو التقلص أو الإنكماش shortening heat

ب) حرارة الإرتخاء أو الإنبساط relaxation heat

2- الحرارة المؤجلة Delayed heat :

أ- حرارة التقلص أو الإنكماش التي ترافق قصر طول العضلة تعتمد على مقدار الإنكماش في العضلة وليس على الثقل الذي ترفعه العضلة. وتعزى حرارة الإنكماش إلى تحول ATP إلى ADP وإنبعاث الطاقة التي تساعد تقلص الألياف العضلية بطريقة غير معروفة. وبما أن حرارة الإنكماش تعتمد على ATP فليس لتوفير الاوكسجين أي أثر على مقدار الحرارة المنبعثة.

ب- أما حرارة الإرتخاء أو الإنبساط فتنتج من تحول الطاقة الكامنة في العضلة المتقلصة إلى طاقة حرارية عندما يتم الإنبساط.

* إذن فهذه الظاهرة هي فيزيائية وليست كيميائية كما في حرارة الانكماش.

* منع إنبساط العضلة يؤدي إلى عدم إنبعاث الحرارة.

* تبعث الحرارة المؤجلة بعد إنتهاء عملية الإرتخاء أو الإنبساط.

* تعزى هذه إلى عملية تمثيل الجلوكوز أو الجلايكوجين وإعادة تكوين المركبات الفوسفاتية ذات الطاقة العالية وخاصة ATP والكرياتين Creatin

* يعتمد مقدار الحرارة المؤجلة على توفر الاوكسجين حيث أن عدم توفره يؤدي إلى ضآله أو عدم تولد الحرارة المؤجلة وذلك لأن معظم الطاقة تتحرر من المواد الغذائية في المرحلة الهوائية في التنفس.

مصادر الطاقة اللازمة للتقلص العضلي :

تحتوي العضلات على: 1% جلايكوجين Glycogen

0.5% فوسفات الكرياتين Creatin phosphate

0.025 ATP% (ثالث فوسفات الأدينوسين)

* يعتبر ATP المصدر الفوري في جميع الأفعال الحيوية.

* بما أن ATP يشكل نسبة ضئيلة جداً لذلك فإن فوسفات الكرياتين الموجودة تعتبر الإحتياطي الأول للطاقة الفورية بإعطائنا الطاقة اللازمه لتحويل ADP إلى ATP.

* أما الجلايكوجين الذي يشكل النسبة الرئيسية فإنه يتكون بإستمرار من الجلوكوز الذي في الدم.

* لذا فإن الكلايكوجين هو المصدر الرئيسي للطاقة الضروري لعملية التقلص.

* تتحرر كمية كبيرة من الطاقة بتمثيل الجلوكوز في عملية التنفس، يستهلك قسم منها لتكوين ATP الذي بدوره يزود الطاقة التي تساعد على تكوين فوسفات الكرياتين.

* عند إنقطاع مصدر الأوكسجين عن العضلة (أو قلة كميته) فإنها تستمر بالتقلص لفترة من الزمن معتمدة على الطاقة من التنفس اللاهوائي.

* في هذه الحالة يتكون حامض البايروفيك Pyrovic acid الذي يتحول بسرعة إلى حامض اللبنيك Lactic acid الذي يتراكم في العضله ثم يتسرب إلى الدم.

* أما عند توفر الأوكسجين فإن حامض البايروفيك يمثل في عملية التنفس الهوائي (خلال دورة كريبس) ويتحول إلى CO_2 وماء وتحرر كمية من الطاقة تساعد على إستمرار عملية التقلص العضلي.

* يحمل الدم معظم حامض اللبنيك إلى الكبد حيث يحول 5/4 منه إلى جلايكوجين 5/1 منه يحرق إلى CO_2 و H_2O وطاقة. تستغل هذه الطاقة لتحويل حامض اللبنيك الباقي إلى جلايكوجين.

* يزود الكبد العضلات بالجلوكوز الناتج من تحلل الجلايكوجين المحمول بواسطة الدم.

* يستخدم بالجلوكوز كمصدر للطاقة اللازمة للتقلص العضلي أو يخزن فيها بعد أن يتم تحويله إلى جلايكوجين من جديد.

عند ممارسة الرياضة العنيفة أو الأعمال الشاقة :-

* لا يستطيع الدم أن يزود العضلات بالكميات اللازمة من O_2 لإتمام حرق الجلايكوجين وتحوله إلى CO_2 و H_2O .



* لذلك تتجمع كمية كبيرة من حامض اللبنيك في العضلات.

* لإتمام حرق هذه الكميات المتجمعة من الحامض فهناك حاجة إلى كميات من O_2 لذلك تصاب العضلات بنقص الأوكسجين.

* لذلك ينشط جهاز الدوران والتنفس لسد هذا النقص من O_2

* يتمثل ذلك بإزدياد الحركات التنفسية وسرعتها وعمقها وسرعة النبض وضخ دموي قلبي عالي.

* يستمر هذا لعدة دقائق بعد إنتهاء المجهود.

الحركة Locomotion

تعتمد الحركة التي يؤديها أي عضو من أعضاء الجسم على مواضع منبت وإتصال العضلات التي تحركه، وكذلك على طبيعة الإتصال المفصلي بين العظام الموجودة به، وبين تلك العظام وبقية أجزاء الجسم.

وتترتب العضلات الجسمية عادة بطرق خاصة بحيث تكون مجموعات متضادة الأفعال antagonistic actions فيما بينها. وتصنف العضلات تبعاً لنوع الحركة التي تحدثها كأن تكون مثلاً عضلات مقلصة أو باسطة، ومقربة أو مبعدة، وخافضة أو رافعة أو دوارة.

أنواع التقلص العضلي Muscle contraction

هناك نوعان من التقلص العضلي :

أ) التقلص متساوي الطول Isometric contraction. وفيه لا يحدث تغيير في طول العضلة وإنما فقط يزداد الضغط أو التوتر بداخلها، ويحدث مثل هذا التقلص عندما تفشل العضلة في رفع ثقل معين، ففي هذه الحالة لا يكون هناك شغل خارجي مبذول، لأن وزن الجسم يكون أثقل مما تستطيع العضلة تحريكه، ولذا يظل طول العضلة على حاله بينما يرتفع معدل التوتر بداخلها.

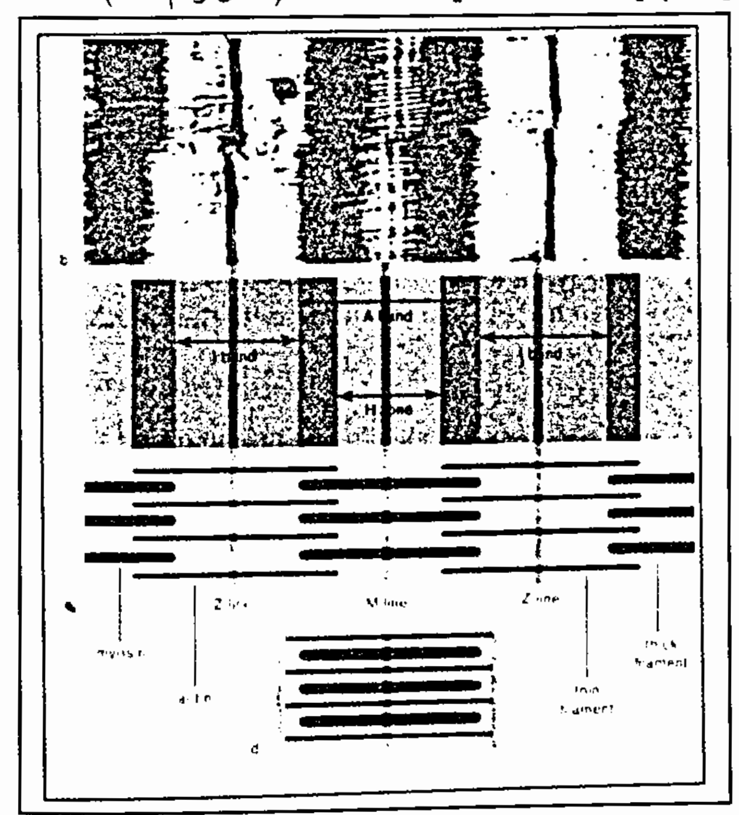
ب) التقلص متساوي التوتر Isotonic contraction: وفيه يحدث تغيير في طول العضلة بينما يبقى الضغط أو التوتر على حاله بداخلها. ويحدث مثل هذا التقلص عندما يكون من المتيسر على العضلة رفع ثقل معين.



آلية التقلص العضلي Mecanism of muscle contraction

هناك عدة نظريات تحاول تفسير آلية التقلص العضلي، إلا أنه لا يوجد من بينها ما هو مقبول قبولاً تاماً من العلماء حتى الآن.

فمن الخصائص المعروفة للألياف العضلية الهيكلية أنها تتميز بوجود أقراص باهتة (مضيئة) وأخرى معتمة بالتبادل. وتعرف المنطقة الباهتة بالمنطقة المتجانسة أو شريط (I-band) وذلك لأنها شفافة أو ذات إنكسار ثنائي ضعيف فتسمح بمرور الضوء. أما المنطقة المعتمة فهي لا تسمح بمرور الضوء لأنها ذات إنكسار ثنائي حاد، ولذا تسمى بالمنطقة غير المتجانسة أو شريط أ (A-band). ويمر في منتصف كل شريط I خط داكن يسمى خط ز (Z-Line). بينما يعبر كل شريط A خط باهت هو المنطقة هـ (H- Line). ويطلق على الجزء الممتد بين كل خطين ز متتابعين القطعة العضلية Sarcomere (شكل رقم 4-2) .



شكل رقم (4-2) مخطط يبين المظهر المجهري لتخطيطات العضله الاراديه

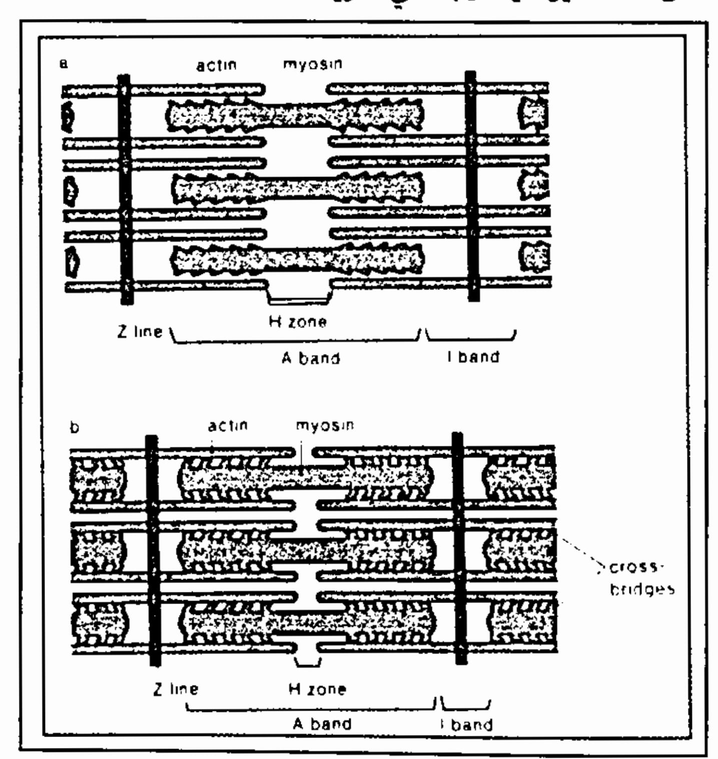


وتتكون العضلات من مادتين بروتينتين هما مادتي الأكتين actin والميوسين myosin. وليس لأي من هاتين المادتين القدرة على الإنقباض بمفردها، ولكنهما إذا وجدا معاً يتكون منهما مركب الأكتوميوسين actomyosin، الذي يتقلص في وجود أيونات البوتاسيوم والادينوسين ثلاثي الفوسفات (ATP).

وقد لوحظ أنه عند إنقباض الليفة العضلية يقصر شريط I، بينما يظل شريط A ثابتاً. ولفتت هذه الظاهرة نظر العالم هوكسلي Huxley منذ عدة سنوات وحفزته على وضع فرضية الخيوط المنزلقة Sliding - filament hypothesis المعروفة لتفسير ميكانيكية التقلص العضلي. وتقضي هذه الفرضية بأن كل ليفة عضلية تحتوي على نوعين من الخيوط ، هما:-

1) خيوط رفيعة من الأكتين في شريط I وتمتد أيضاً إلى شريط A، ولكن نهايتها لا تتقابل مع الجزء المتوسط من شريط I، وإنما تترك فيما بينها مسافة ضيقة تمثل المنطقة H(شكل رقم 3-4).

2) خيوط سميكة من مادة الميوسين توجد في شريط A فقط.



شكل رقم (3-4): التقلص في شعيرات العضلة المخططة بموجب فرضية الخيوط المنزلقة



وعند إنقباض القطعة يقل طول الشريط I بينما يظل طول الشريط A ثابتاً وذلك لأن خيوط الأكتين الرفيعة تنزلق مقتربة من بعضها البعض حتى تلتقي في المنطقة H ولذا تختفي هذه المنطقة في العضلة المنقبضة. فإذا إزداد معدل الإنقباض، فإن خيوط الأكتين تستمر في الإنزلاق حتى تتداخل مع بعضها البعض، وعندئذ تغدو المنطقة H معتمة. ومن هذا يتضح أنه بالرغم من التقلص العضلي فإن طول الخيوط فيها لا يتغير، فهي تنزلق فقط وتتداخل بين بعضها البعض.وتخضع العضلات في إنقباضها لقانون الكل أو ألا شيء All or none law مما يعني أن العضلة إما أن تنقبض بكامل قوتها ولأقصى درجة ممكنة، أو لا تنقبض على الإطلاق.

المظاهر الآلية للتقلص العضلي:

Mechanical Aspects of Muscular Contraction

سنتناول هنا الظواهر الفيزيائية للعضلات التي ترافق التقلص العضلي كما هو مستمد من التجارب وبخاصة التبدلات في طول العضلة ودرجة توترها وسرعة تقلصها ونوعيته. ولما كانت وظيفة العضلات توليد قوة أو تأدية شغل بالإنكماش مقابل قوة كما يحدث عندما نرفع أشياء أو نضغط عليها لذلك تبقى دائماً خاضعة للجهاز العصبي الذي يتحكم بنوعية ودرجة التقلص.

أما الوظيفة الثانية فهي ثانوية وتقتصر على توليد الحرارة للجسم. فعند إجراء التجارب على العضلات، يضطر الباحث إلى إستئصالها من جسم الحيوان مع العصب المتصل بها، وهذا ما نسميه التحضير العصبي- العضلي Nerve- Muscle preparation مثل تحضير العصب الوركي- العضلة السمانية Sciatic- Gastrocnemius preparation في الضفدع. ولإبقاء التحضير حياً يعمل بشكل طبيعي، يحفظ عادة في محلول فسيولوجي مناسب من حيث الضغط الأوزموزي Osmotic Pressure والتركيب الأيوني. وقد أستعملت عضلات الضفدع لسهولة تشريحها وإزالتها من الجسم، وعدم حاجتها إلى مصدر للطاقة لإحتواءها على الجلايكوجين، وعدم ضرورة التقيد بدرجة الحرارة. وتحصل عضلات الضفدع على حاجتها من الأوكسجين من السائل الفسيولوجي رغم قلته، إلا أنه كاف بالنظر لإنخفاض

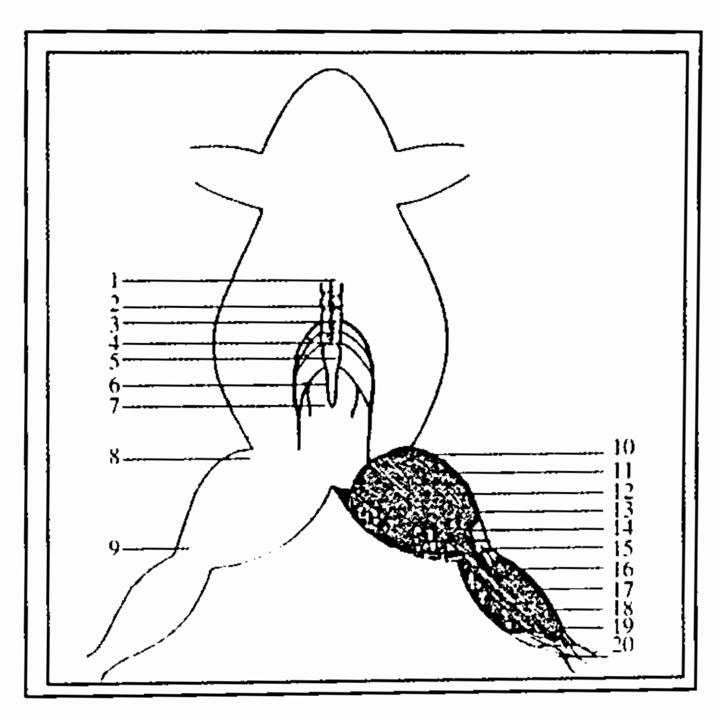
معدل الأيض في هذه العضلات. أما التعامل مع عضلات اللبائن فيتطلب مدها بمصدر للطاقة كما هو الحال عند إجراء التجارب على عضلات الأمعاء في الأرنب. وهنا يجب أن تحفظ بمحلول فسيولوجي مشبع بالأوكسجين وإلا تعرضت إلى الموت بسبب النقص الحاد في الأوكسجين (شكل رقم 4-4).

ولأغراض التنبيه يستخدم جهاز كهربائي يولد رجات قصيرة منفردة أو مكررة أو تستخدم وسائل تنبيه أخرى حسب طبيعة التجربة. وهذه قد تكون آلية أو حرارية أو كيميائية (مثل كلوريد البوتاسيوم أو الأستيل كولين والإدرينالين أو الكافئين).

ويعد التنبيه الكهربائي أنسبها لسهولة تقنيته والسيطرة عليه. تنبه العضلات تنبيهاً مباشراً بوضع أقطاب أو مساري Electrods المنبه الكهربائي على سطحها مع الإحتياط لمنع إنتقال التنبيه عبر الملتقى العصبي- العضلي وذلك بإستخدام مواد مثبطة مثل دي تيوب كيورارين d- tube curarine أو أن تنبيه بصورة غير مباشرة عن طريق أعصابها. ويفضل أن تكون أقطاب التنبيه مصنوعة من أسلاك الفضة المغطاة بطبقة من كلوريد الفضة، ولا ينصح بإستعمال أسلاك النحاس مطلقاً لأنها تولد أيونات النحاس (Cu_2++) السامة.

تحدث عملية التقلص بسرعة فائقة ففي حالة العضلة السمانية للضفدع تستغرق النفضة (تقلص وإرتخاء) ما يقارب عشر الثانية. لذلك تسجيل التبدلات الآلية Mechanical Chang-es بوساطة أجهزة حساسة تتكون من عتلة تتصل العضلة بطرف منها ويسجل الطرف الحر التبدلات في طول أو توتر العضلة، على هيئة رسوم بيانية على ورق متحرك. وأكثر هذه الأجهزة إستعمالاً هو الكيموجراف Kymograph (شكل رقم 4-5). وقد تحسنت طرق التسجيل بإستخدام محولات آلية Mechanical Transducers تقوم بتحويل التبدلات الآلية إلى إشارات كهربائية يمكن مشاهدتها على شاشة المخطاط الذبذبي، مثل معيار الإجهاد السليكوني Silicon Strain Guage الذي تتبدل مقاومته الكهربائية نتيجة تغيرات طفيفة في طوله.





شكل رقم (4-4)

تحضير العضلة والعصب لدراسة منحنى إنقباض العضلة الهيكلية في الضفدع

1- الحبل الشوكي داخل العمود الفقري	Spinal cord
2- العصب الشوكي السابع	Seventh spinal nerve
3- العصب الشوكي الثامن	Eighth spinal nerve
4- العصب الشوكي التاسع	Ninth spinal nerve
5- العصب الشوكي العاشر (العصعصي)	Tenth spinal nerve (coccygeal)
6- الضفيرة العجزية	Sacral plexus
7- العصب الوركي	Sciatic nerve
8- الفخذ	Femur
9- الساق	(Crus) shaft
10- المتسعة الانسية	Vastus internus
11- المقربة الطويلة	Adductor longus
12- الخياطية (الشريطية)	Sartorius
13- المقربة الكبيرة	Adductor magnus
14- الرقيقة	Gracilis
15- مفصل الركبة	Knee
16- القصبية الأمامية	Tibialis posticus
17- الباسطة الساقية الخلفية	Extensor cruris brevis
18- القصبية الخلفية	Tibialis posticus
19- الساقية البطنية (السمانية)	Gastrocnemius
20- وتر اخيليس	Tendo achillis



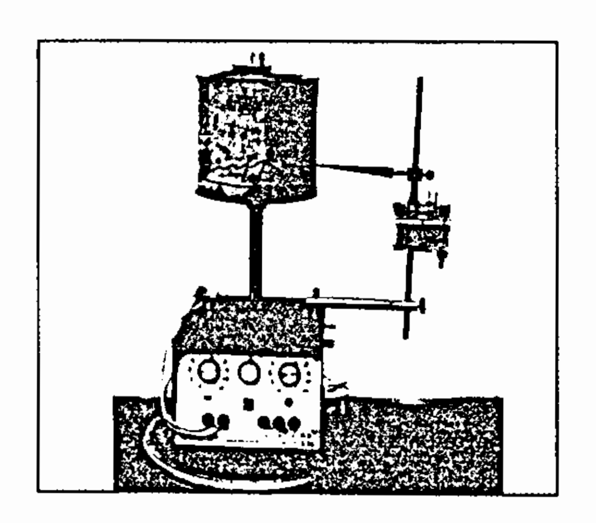
العلاقة بين المنبه والإستجابة :

أولاً: النفضة العضلية البسيطة Simple Muscle Twitch

تحدث النفضة إستجابة إلى رجة كهربائية مناسبة ومنفردة حيث أنها تمر بثلاثة مراحل مختلفة هي:

أ- فترة الكمون Latent Period

تستغرق هذه الفترة في التسجيلات التقليدية بواسطة الكيموجراف 10 ملي ثانية ولكنها لا تتجاوز 0.4 ملي ثانية بقياسات أكثر حساسية توفرها الأجهزة الحديثة. وتمثل هذه الفترة الزمن المستغرق لإنتقال التنبيه عبر الملتقي العصبي- العضلي وإنتشار جهد فعل وتحرير أيونات الكالسيوم وفق آلية الإزدواج التهيجي التقلصي.



شكل (5-4)

جهاز دراسة منحنى إنقباض العضلات المخططة والعضلات القلبية (الكيموجراف Kymograph)

ب- طور التقلص Contraction Phase

يدوم هذا الطور المكرس للتقلص الفعلي 40 ملي ثانية في عضلة الضفدع ويتزامن معه حدوث إنكماش أو زيادة توتر العضلة وفق الآليات التي تم شرحها في نظرية الإنزلاق الخيطي (أو فرضية الخيوط المنزلقة).

ج- طور الإرتخاء Relaxation Phase

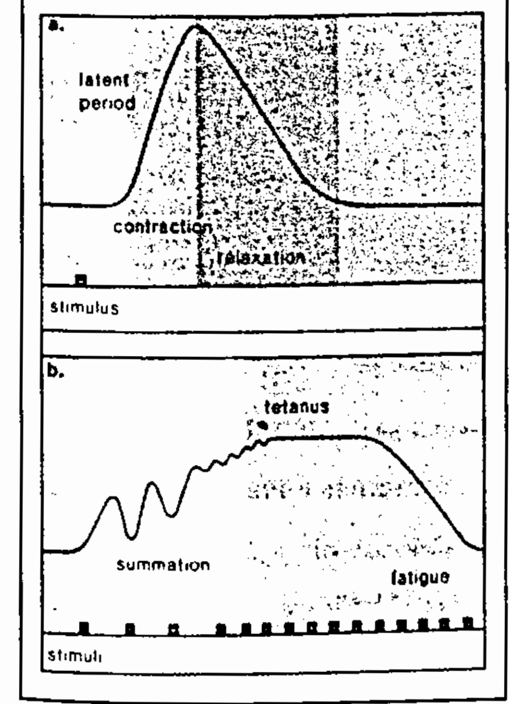
يدوم طور الإرتخاء حوالي 50 ملي ثانية، تعود خلالها العضلة إلى طولها أو توترها عندما كانت مستريحة. ويرجع سبب الإرتخاء إلى عاملين أساسيين هما وجود (Mg^{2+} -ATP) الذي يفك ارتباط الجسور العرضية بخيط الأكتين وإنخفاض تركيز (Ca^{2+}) إلى مستو يمنع عودة الجسور العرضية للإرتباط بخيط الأكتين.

لقد تبين من دراسات مقارنة أن المساق الزمني Time course للنفضة يعتمد على نوعية العضلة وفي نفس العضلة على درجة الحرارة أسوة بالعمليات الحيوية الأخرى. فزيادة 10°م تضاعف السرعة على أقل تقدير. ففي العضلة الشريطية Sartorius للضفدع بدرجة صفر مئوي تكون مدة النفضة ضعف مدتها بدرجة 10°م. وإن نفضة عضلة الأخمص في الجرذ أسرع بكثير من نفضة العضلة الشريطية للضفدع (شكل رقم 4-6). ويسبق جهد الفعل التغيرات في التوتر وعند نهايته تبدأ العضلة بالتوتر حيث يحدث ذلك في فترة الكمون. كما يلاحظ أن بداية منحنى التوتر يشير إلى حدوث إرخاء العضلة وبعدها يتم التغلب على اللزوجة الداخلية للعضلة وعلى عطالتها وأثقالها إن كانت محملة بتوتر العضلة. وكلما زيدت أثقال العضلة لاحظنا ثلاثة تبديلات هي:-

أ- زيادة فترة الكمون قبل أن تبدأ العضلة برفع الثقل.

ب- إنخفاض مقدار الإنكماش.

ج- إنخفاض السرعة القصوى للإنكماش.



شكل رقم (4-6)
منحنيات إنقباض العضلة



ثانياً: التقلص متساوي التوتر Isotonic والتقلص متساوي الطول Isometric :

عند الحديث عن التقلص العضلي يؤكد عادة على حالتي إنكماش العضلة وزياده التوتر فيها وهذه حالة خاصة تجمع بين نوعين من التقلصات يطلق على النوع الأول بالتقلص متساوي التوتر Isotonic وفيه تنكمش العضلة دون أن يطرأ أي تغير على توترها سواء كانت محملة أو غير محملة على أن يراعى في الأثقال أن لا تكون مانعة للإنكماش. والنوع الثاني هو التقلصات المتساوية الطول Isometric وفيها يثبت طرفا العضلة لمنعها من الإنكماش. وكل الذي يحدث عند تنبيه العضلة حصول زيادة ملحوظة في توترها.

ومن تجارب أخرى أكثر حداثة إتضح أن تثبيت العضلة لأغراض التقلص متساوي الطول لا يمنع حصول الإنكماش الداخلي في عناصرها المتقلصة والذي يبلغ 30% من طول العضلة، لكنه يعوض بتمديد العناصر المرنة في العضلة وبنفس المقدار. وفي التقلصات المتساوية التوتر التي يكون فيها الثقل مستنداً على قاعدة قبل تنبيه العضلة تقضي العضلة وقتاً أطول حيث تتقلص فيه تقلصات متساوية الطول كلما زاد وزن الثقل. وفي أجسامنا تحدث تقلصات متساوية في التوتر أو الطول بنسب متفاوتة حسب المهمة التي تنفذها العضلة. فالتقلصات المتساوية الطول تحافظ في الإنسان على إنتصاب الجسم ومقاومة الجاذبية عن طريق منعكسات وضعية Postrural Reflexes وتشمل عضلات الجهة الخلفية للرقبة وعضلات الظهر وعضلات الأطراف السفلى الباسطة. أما الحركات الأخرى كالمشي والجري فتتم من خلال تقلصات من النوع المتساوي التوتر.

ثالثاً: حالة تدرج التقلص العضلي Stair case

يتألف العصب الذي يجهز العضلات الهيكلية من ألياف محركه وألياف حسية وبأعداد متساوية تقريباً. وتقع أجسام العصبونات المحركة في القرن الأمامي من المادة السنجابية، في الحبل الشوكي. ولما كانت الألياف العضلية تفوق كثيراً عدد العصبات المحركة فإن العصبونة الواحدة تتصل عن طريق فروعها بعدد من الألياف العضلية يبلغ 200 ليف في العضلات الكبيرة و 5 فقط في العضلة الصغيرة المحركة للمقلة وتسمى المنظومة التي تشمل العصبونة المحركة والألياف العضلية التي تجهزها بالوحدة الحركية Motor unit. وكلما كانت الوحدة الحركية صغيرة كلما كان عمل العضلة دقيقاً بالمقارنة مع العضلات الكبيرة. هذا ويحدد الطرح Output العصبي للعصبونات المحركة قوة تقلص العضلة وقوة الحركة الإرادية. وفي



النشاطات الإعتيادية تتناوب الوحدات الحركية في عملها وتؤدي بذلك عملاً دون إعياء. ومتى صارت الأعمال المطلوبة أكثر إجهاداً زيد عدد الوحدات العاملة.عندما يكون الطرح العصبي للعصبونات المحركة بطيئاً بحدود 1-5 نبضة في الثانية نحصل على نفضات بسيطة منفردة وبنفس التردد. وبزيادة الطرح إلى 10-30 نبضة في الثانية نحصل على إلتحام غير كامل بين النفضات نتيجة للجمع العضلي Summation يرافقه إرتفاع ملحوظ في التوتر ويظهر التقلص على هيئة رعشة مركبة تدعى بالرمح Clonus. وإذا ما بلغ تردد الطرح 50-200 نفضة في الثانية تستجيب العضلة بتقليص مستمر أقوى من الرمح العضلي يعرف بالتكزز Tetanus. مما تقدم نخلص إلى أن عمل العضلات في الجسم لتأدية وظائفها لا يتم بهيئة تقلصات منفردة وإنما من خلال تقلصات مستمرة تدوم من بضع ثوان إلى ساعات ناجمة عن طرح عصبي كثيف يشترك فيه عدد كبير من الوحدات الحركية ويبلغ الطرح 200 سيالة في الثانية عند تنفيذ الحركات الإرادية.

العجزالاوكسجيني Oxygen Debt

عندما تحصل العضلات النشطة على كمية من الأوكسجين تقل عن حاجتها لصنع ATP في دورة كربس والسلسلة التنفسية فإن حامض البايروفيك يختزل إلى حامض اللبنيك وفي حالة الاستمرار على هذه الصورة من نقص الأوكسجين يتراكم الحامض اللبني ويزداد تركيزه في العضلات. وتدعى ظاهرة اللجوء إلى الأيض اللاهوائي وتراكم الحامض اللبني بالعجز الأوكسجيني. لأن هذا الحامض يحتاج إلى كميات وفيرة من الأوكسجين لإكمال أكسدته إلى ماء وثاني أوكسيد الكاربون أو لتحوله إلى جلايكوجين. فعند توقف العضلات عن نشاطها العنيف يستمر التنفس العميق والدوران السريع لبعض الوقت لتسديد الدين وتغطية العجز بتوفير الكميات المطلوبة من الأوكسجين وتحول الطاقة المخزونة في الحامض اللبني الى الحامض البايروفي عند توفر الأوكسجين كخطوة أولى لتحويلها من خلال عمليات الأيض الهوائية Aerobic Metabolism إلى ATP كما في التفاعل الآتي:

حامض البايروفيك . Lactate Dehydrogenase

Pyrovic acid ⟶ Lactic acid

NAD ⟶ NADH2 حامض اللبنيك



ومن الوسائل المساعدة في تزويد العضلات بالأوكسجين إحتوائها على المايوكلوبين Myo-globin، وهو بروتين يحتوي على الحديد ويشبه الهيموغلوبين ويكسب العضلة لونها الوردي. وللمايكلوبين القابلية على توفير إحتياطي من الاوكسجين في الحيوانات البرية، خاصة عند إنقطاع الدوران عن العضلات التي تتقلص تقلصاً متساوي الطول.وأهمية هذه المادة كبيرة أيضاً في الحيوانات المائية مثل الحيتان التي يتعرض فيها الدوران المحيطي إلى الإنقطاع بفترات طويلة فعندئذ يقوم المايوكلوبين الموجود في عضلاتها بغزارة بمد تلك العضلات بحاجتها من الأوكسجين.

التعب Fatiqe

يلاحظ تعب العضلات في التجارب العملية عند تنبيه عضلات مستأصلة من جسم الحيوان بفواصل زمنية لا تسمح بحدوث التكزز فتتوقف العضلة عن الإستجابة أو ينخفض إرتفاع النفضة. ويحدث التعب أيضاً عند زيادة تردد المنبهات وتعرض العضلة إلى التكزز وإستمراره بفترة من الزمن. وقد أكدت تجارب أجريت على عضلات الرجل في الارنب والضفدع دور الطرح العصبي في التعب، فهذه العضلات قادرة على التقلص مدداً طويلة تبلغ بضع ساعات طالما كان تردد المنبهات منخفضاً بحدود منبه في كل ثانية. ويدب التعب عند زيادة التردد. ودرجة الحرارة عامل آخر فحالة التعب تتعجل في عضلات الضفدع في درجات الحرارة دون 20°م وتقاوم في درجات الحرارة التي تفوق 20°م، ويعد الشد عاملاً آخر مولداً للتعب فكلما زادت الأثقال التي تحمل بها العضلات وهي تتقلص زاد إحتمال نشوء التعب. وفي كل التجارب التي تجرى على عضلات فقدت موردها الدموي السليم بإستئصالها من جسم الحيوان، يمكن أن يكون لتراكم الفضلات والحامض اللبني ونقص الأوكسجين واستنفاذ العضلات لخزينها من الطاقة دورها في حصول تعب العضلات. وقد وجد أيضاً أن لأيونات الكالسيوم أثراً إيجابياً في تأخير بدء التعب مما جعل البعض يعتقد أن سبب تعب العضلات هو خلل في الإزدواج التهيجي – التقلصي.

وبقدر تعلق الأمر بتعب عضلات أجسامنا فإن المعلومات غير كافية لإعطاء تفسير مقنع كما ان بعضها يؤكد أهمية الدوران في منع التعب أو التغلب عليه من خلال الراحة. فعند قطع الدوران عن طرف أصابه الإعياء نراه لا يسترجع قوته إلا بعد إستئناف الدوران فيه. وقطع الدوران عن ذراع شخص لدقيقتين يجعله غير قادر على الكتابة إلا بصعوبة، ولو استمر



القطع لدقيقة أخرى لفقد القدرة على الكتابة بالمرة. وإذا إقتنعنا أن الأعصاب بقيت في هذه التجارب سليمة فذلك يقودنا إلى الإعتقاد بأن موطن التعب هو العضلات لولا أن الشخص المنهك والذي لا يستطيع الحراك لا يظهر ضعفاً في إستجابة أعصابه أو عضلاته عندما تنبه كهربائياً في مواضعها مما يجعلنا نتجه إلى الدماغ بوصفه موقعاً للتعب العضلي.

5

الفصل الخامس

فسيولوجيا جهاز الدوران

Physiology of Circulation

الدم **Blood**

القلب **Heart**

الجهاز الوعائي القلبي Cardiovascular system

أو جهاز الدوران The Circulatory system.

أو الجهاز الناقل Transport system.

وهو جهاز النقل الرئيسي في الجسم.

لقد وصف الطبيب العربي إبن النفيس منذ عام 1268م دوران الدم ومروره خلال الرئتين ودرس نفس هذا الموضوع العالم مايكل سرفيتوس عام 1553م.

وفي عام 1628م نشر ويليم هارفي كتابه المسمى عمل القلب الذي يبين فيه على أن الدم يدور في الجسم في الأوعية الدموية ويقوم القلب بضخ الدم الذي يستلمه من الأوردة إلى الشرايين ولكنه لم يستطع وصف كيفية الاتصال بين الشرايين والأوردة حيث لم يستطع معرفة الشعيرات الدموية التي لم تكن رؤيتها ممكنة في ذلك الوقت لعدم اكتشاف المجهر.

وفي عام 1661م تم اكتشاف الشعيرات الدموية Blood capillaries بواسطة المجهر من قبل العالم مالبيجي Malpighi.

الدورة الدموية:

يبلغ جهاز الدوران أعلى درجات التكامل في الحيوانات الفقرية ولكنه غير موجود في عدد كبير في شعب المملكة الحيوانية مثل الإبتدائيات والإسفنجيات والديدان المسطحة والخيطية، ولكنه جيد التكوين في الديدان الحلقية والنواعم والمفصليات.

جهاز الدوران المغلق Closed circulatory system:

وهو جهاز الدوران في الديدان الحلقية والفقريات ومنها الانسان(شكل رقم 5 - 1).

تتصل الأوعية الدموية الرئيسية في هذا الجهاز بعد تفرعها في الجسم بأوعية دموية أخرى بواسطة الشعيرات الدموية.

لا يحتوي هذا الجهاز في الديدان الحلقية على القلب ولكنه يعوض عنه بالحركة الدورية Peristalsis في جدران الأوعية الدموية الرئيسية وكذلك وجود الصمامات Valves التي تساعد على سير الدم باتجاه واحد فقط.

شكل رقم (5 - 1)

الدورة الدموية العامة في جهاز الدوران.

1- الدورة الجهازية (او الكبرى).

2- الدورة الرئوية (او الصغرى).

جهاز الدوران المفتوح Open circulatory system :

هو جهاز الدوران في النواعم والمفصليات. في هذا الجهاز لا تتصل الشرايين بالأوردة بواسطة الشعيرات الدموية وإنما تصب الشرايين في تجاويف بين الأنسجة تدعى الجيوب Si-nuses التي تحتوي على الجدران الخلوية أو الفجوات Lacunae الخالية من الجدران وفي الأخيرة لا يفصل الدم عن خلايا الجسم سوى أغشية الخلايا نفسها.

جهاز الدوران : ويتكون من :

1- القلب والأوعية الدموية والدم.

2- الأوعية اللمفاوية واللمف.

أما الغرض من وجود جهاز الدوران فهو :

1- إيصال المواد الغذائية والاوكسجين والهرمونات وغيرها من المواد الكيميائية الضرورية إلى أنسجة الجسم المختلفة للاستفادة منها في التمثيل الغذائي.

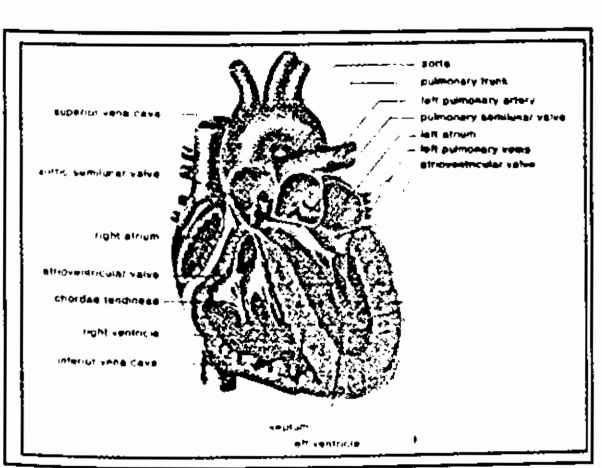
2- نقل الفضلات إلى الأعضاء لغرض طرحها إلى الخارج والتخلص منها مثل غاز ثاني أوكسيد الكربون عن طريق الرئتين والبول وعدد من الفضلات عن طرق الكليتان.

القلب Heart :

يعتبر قلب الانسان وبقية الفقريات (عدا الأسماك) بمثابة مضخة مزدوجة (شكل رقم 5 - 12 أ).

* الجزء الأيسر يستلم الدم المؤكسج من الرئتين ويضخه خلال الشرايين إلى أنحاء الجسم المختلفة.

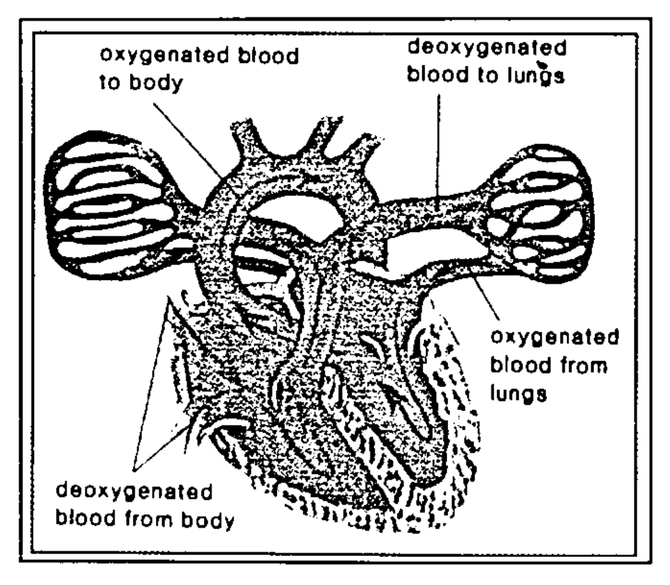
* الجزء الأيمن يستلم الدم المثقل بـ CO_2 من الجسم ويضخه إلى الرئتين لكي يتخلص من هذا الغاز ويتزود بكمية من الأوكسجين. لقلوب



شكل رقم (5 - 12)
القلب في الانسان بمثابة مضخة مزدوجة



الفقريات ومعظم اللافقريات القابلية على النبض الذاتي لذلك تسمى قلوب عضلية المنشأ Myogenic Hearts لأن قابليتها على التقلص تكمن في عضلاتها. يتألف قلب الفقريات (عدا الأسماك والبرمائيات) من أربعة تجاويف هي (شكل رقم 5-2ب)



شكل رقم (5 - 2 ب)

تجاويف القلب، الدم المار خلال الاذين الايمن يحتوي على دم غير مؤكسج (غامق اللون). بينما الدم المار خلال الاذين الايسر يحتوي على دم مؤكسج (احمر قاني اللون).

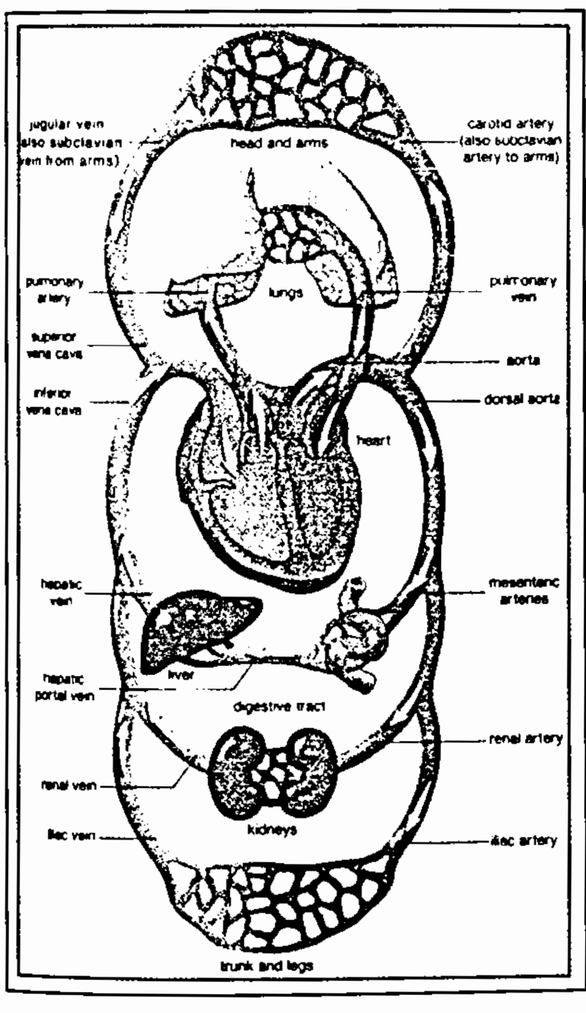
* الأذينان Atria ومفردها Atrium أو Auricle وهما أيمن وأيسر.

* البطينان Ventricles وهما أيمن وأيسر.

يقوم الأذينان بالتقلص والانبساط في وقت واحد كما يقوم البطينان بالتقلص والانبساط سوية ولكن بالتعاقب مع الأذينين.

أما قلب الأسماك فيتألف من أذين واحد يتسلم الدم من أنحاء الجسم المختلفة وبطين واحد يقوم بضخه إلى الغلاصم (للتزود بالأوكسجين والتخلص من CO2) ثم إلى أنحاء الجسم.

* لقلوب بعض الافقريات خاصية عدم التقلص إلا تحت تأثير الإيعازات العصبية لذلك فإنها تسمى قلوب عصبية المنشأ Nenrogenic Hearts، كما في سرطان الملوك King crab أو Limulus.



شكل رقم (5 - 13)

مخطط للدورة الدموية، لاحظ الصمامات القلبية.

* في القلوب عضلية المنشأ تقوم الأعصاب المتصلة بالقلب بتحوير سرعة وقوة النبض تحت الظروف المختلفة.

* التحفيز الودي Sympathetic يحدث عند الانفعال أو ممارسة الرياضة فيزداد النبض سرعة وقوة.

* التحفيز نظير الودي Parasympathetic يبطىء القلب وقد يوقفه أحياناً وتسمى مثل هذه الحالة الغشية التائهية Vagal syncope.

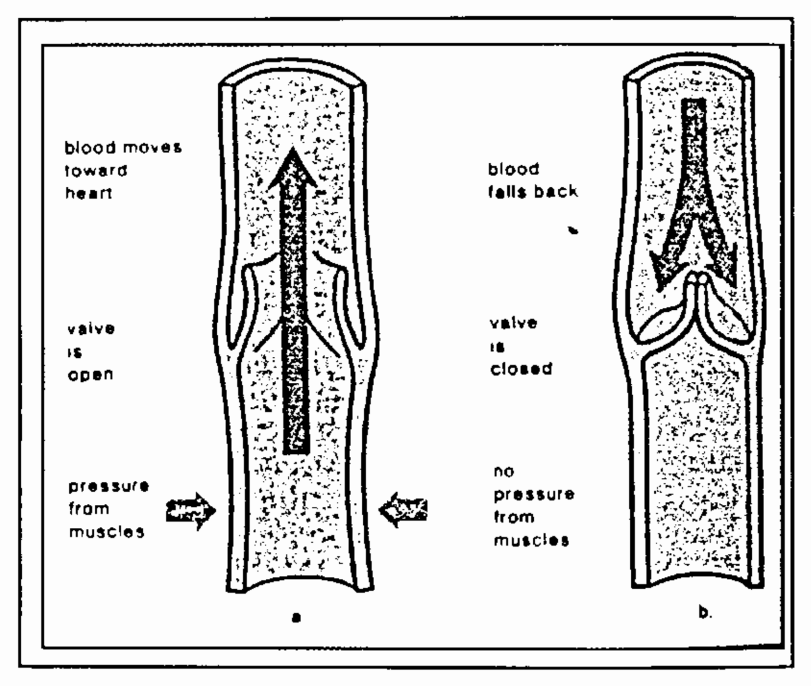
يعمل القلب بصورة طبيعية كمضخة Pump يجب أن تتقلص وتنبسط تجاويفه الأربع بانتظام تام لأن أي ارباك في عملها يعرقل الدورة الدموية الطبيعية وينتج عنها مضاعفات صحية خطيرة.

يسير الدم بانتظام بين التجاويف الأربعة وكذلك بين القلب والأوعية الدموية الرئيسة المتصلة به فهناك عدد من الصمامات (شكل رقم 5 - 13 أ و ب) وهي :

الصمامات الأذينية البطينيه Atria - ventricular التي تفصل الأذين عن البطين الذي تحته.
والصمامات الشبه هلالية Semilunar valves التي في بداية كل من الأبهر والشريان الرئوي.

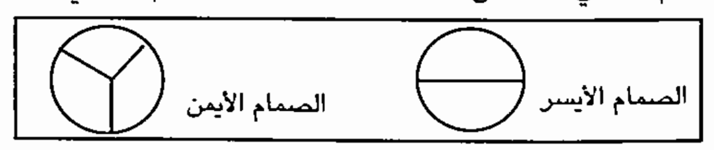
يتألف الصمام الأذيني – البطيني الأيمن Right Atria - Ventricular valve من ثلاث صفائح لذلك فإنه يسمى بالصمام الثلاث الصفائح Tricuspied valve.





شكل رقم (5 - 3 ب)
الصمامات القلبية وكيفية عملها

أما الصمام الأذيني- البطيني الأيسر Left Atria- ventricular valve فيتألف من صفيحتين فقط ويسمى بالصمام الثنائي الصفائح Bicuspid valve او الصمام التاجي Mitral valve.



تتصل حافات صفائح الصمامات بعدد من الحبال الرفيعة القوية والمسماة بالحبال الوترية Chordae tendinae والتي تتصل نهاياتها الأخرى بنتوأت عضلية تقع على السطح الداخلي للبطين تسمى العضلات اللبيية Papillary muscles.

أن وظيفة الحبال الوترية والعضلات اللبيبة هي منع دخول حافات الصفائح المكونة للصمامات الأذينية - البطينية في الأذين أثناء تقلص البطين.

يتم انفتاح الصمامات والذي يتم بتباعد حافات الصفائح عن بعضها نتيجة زيادة الضغط في الأذينين عما هو في البطينين خلال فترة معينة من النبض. لذلك فإن وظيفة الصمامات



الأذينية - البطينية هي غلق الفتحة الكائنة بين الأذين والبطين ومنع رجوع الدم من البطين إلى الأذين أثناء تقلص البطين.

أما وظيفة الصمامات الشبه هلالية فهي منع رجوع الدم من الشريان الابهر Aorta إلى البطين الأيسر، وكذلك من الشريان الرئوي Pulmonary Artery إلى البطين الأيمن أثناء انبساط البطينين وانخفاض الضغط دون الضغط الموجود في الشريانين.

الجهاز الناقل لنبض القلب Conducting system

منشأ وانتقال نبض القلب Origin & conduction

تسمى التقلصات الإيقاعية Rhythmic contractions للقلب بالنبض Beat.

ويزود قلب اللبائن (ومنها الإنسان) بمجموعة من الأنسجة المتحورة المخصصة لنقل النبض تكون أكثر انتشارا وتعقيدا مما هو في بقية الحيوانات مثل الضفدع.

يبدأ النبض في كتلة من الأنسجة المتحورة تقع في الاذين الايمن Right atrium تدعى بالعقده الكيسيه الأذينية Sino - Atrial node ويرمز لها S - A node (شكل رقم 5 - 4 أ و ب).

وهذه العقدة هي منظم الخطى Pacemaker في القلب وتتألف من الياف عضلية متحورة لها القابلية على زوال الاستقطاب في أغشيتها بصورة ذاتية رتيبة. ويدعى زوال الاستقطاب هذا بجهد المنظم Pacemaker potential.

تنتقل موجة التقلص من العقدة الكيسية الأذينية خلال عضلات جدران الأذينين Both Atria إلى كتلة من الأنسجة المتحورة الواقعة في أعلى البطين الأيمن تدعى العقدة الأذينية البطينية Atrio - ventricular node ويرمز لها A - V node.

تمتد من هذه العقدة إلى الجدار الفاصل بين البطينين حزمة من الألياف العضلية المتحورة التي تسمى حزمة هيس Bundle of His التي تتفرع إلى ثلاثة فروع رئيسية هي :

1- الفرع البطيني الأيمن Right Ventricul branch.

2- الفرع البطيني الأيسر Left Ventricul branch.

3- الفرع العلوي Superior branch.

وكل فرع من هذه يتشعب إلى عدد كبير من الألياف التي تمتد في جدران البطينين تدعى ألياف بركنجي Purkinje fibers.

إن أي تلف يصيب أحد التراكيب المذكورة يؤدي إلى اضطراب في نبض القلب ويتميز باختلال الانسجام في تقلص وانبساط تجاويف القلب الأربعة.

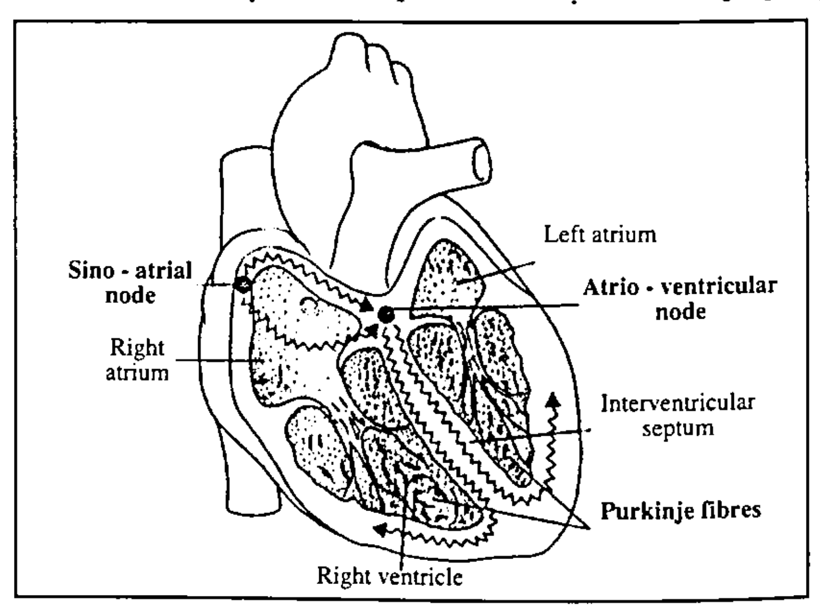
كما أن نبض القلب لا ينتقل من الأذين إلى البطين مباشرة بواسطة العضلات القلبية العادية.

الحوادث الكهربائية المرافقة لنبض القلب:

النبض هو تقلص وانبساط في الجدران العضلية للقلب. يسبق التقلص تغير في الجهد الكهربائي على جانبي أغشية الألياف العضلية. تسري موجة التقلص العضلي من العقدة الكيسية الأذينية S - A node إلى قمة القلب بعد أن تكون قد سبقتها ببضع ملي ثانية موجة من الجهد الكهربائي بنفس الاتجاه حيث تكون الأنسجة المتقلصة سالبة أكثر من الأنسجة التي لم تتقلص بعد، أما عند انبساط المناطق المتقلصة مرة ثانية فإنها تكون موجبة.

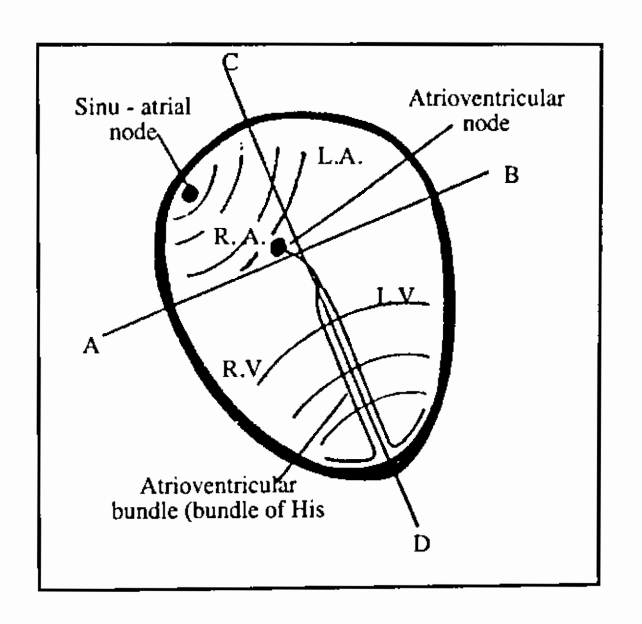
لذلك يمكن اعتبار النبض من الناحية الكهربائية:

موجة من زوال الاستقطاب Depolarization أثناء الانقباض (التقلص) Systole (-) تعقبها موجة من عودة الاستقطاب Repolarization أثناء الانبساط Diastole (+).



شكل رقم (5 - 14)

نشوء وانتقال نبض القلب بوساطة الجهاز الناقل.



شكل رقم (5 - 4 ب)
كيفية انتقال النبض خلال تجاويف القلب.

التسجيل القلبي الكهربائي Electrocardiogram (E.C. G)

بالامكان تسجيل موجة التغير الكهربائي في العضلات القلبية وذلك :

* بوضع قطبي التسجيل على القلب مباشرة ثم ربطها بجهاز حساس لقياس فرق الجهد الكهربائي مثل جهاز الكلفانوميتر Galvanometer.

* في الإنسان توضع أقطاب التسجيل على سطح الجسم (شكل رقم 5 -5) يربط القطبان إما بالذراعين Lead I. أو بالذراع اليمنى او الساق اليسرى Lead II أو بالذراع اليسرى والساق اليسرى Lead III تسمى طرق الربط هذه بمثلث اينتهوفن Einthoven Triangle

هناك نوع آخر من الربط يوضع بموجبه أحد القطبين على مناطق مختلفة من الصدر ويربط القطب الآخر بثلاث من الأطراف.

شكل رقم (5- 5)
كيفية وضع الاقطاب والتخطيط الحاصل من كل قطب مختلف.

ينتقل التبدل الكهربائي المرافق للنبض إلى سطح الجسم لأن السوائل الجسمية والأنسجة جيدة التوصيل للكهربائية.

أن مقدار فرق الجهد المنتقل إلى جانبي الجسم ضئيل لا يمكن تسجيله إلا بواسطة جهاز حساس جدا يدعى جهاز تخطيط القلب الكهربائي Electrocardiograph.

يعود الفرق في الجهد الكهربائي على جانبي الجسم من جراء النبض القلبي إلى كون أحد الجانبين يكون موجباً في لحظة معينة بالنسبة للجانب الاخر وبالعكس وذلك لعدة عوامل أهمها :

1- ميلان المحور الطولي للقلب عن المحور الطولي للجسم حيث تكون قمة القلب مائلة نحو اليسار بينما تكون قاعدة القلب مائلة نحو اليمين.

2- وجود فرق في سمك جدران البطينين حيث أن جدران البطين الأيسر أسمك من جدران البطين الأيمن.

هذا يؤدي إلى فرق زمني طفيف في وصول موجة التغيير الكهربائي إلى مناطق متناظرة في البطينين.

يمكن تضخيم ومضاعفة فرق الجهد الكهربائي على جانبي الجسم نتيجة نبض القلب لغرض تسجيلها لانها لا تتجاوز ملي فولت واحد وذلك بواسطة الجهاز المضخم "Amplifier" المربوط في جهاز تخطيط القلب الكهربائي.

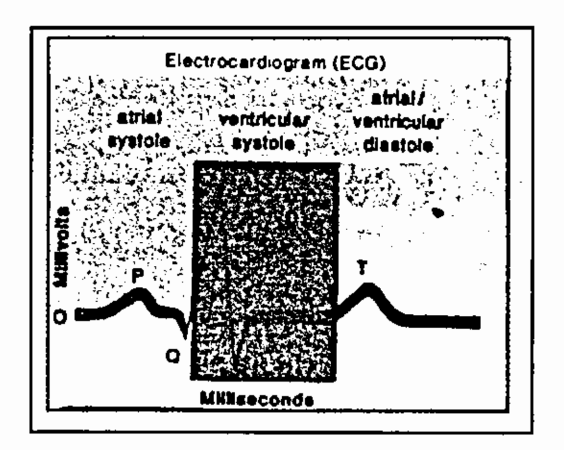
يسجل التبدل في الكهربائية بين القطبين بصورة مستمرة على ورق على شكل خطوط بيانية. تصاحب النبض ثلاث موجات رئيسية (شكل رقم 5 - 6) وهي :

- موجة P : وتمثل عملية زوال الاستقطاب Depolarization في الأذينين. (تمثل الانقباض الأذيني).
- موجة QRS : وتمثل زوال الاستقطاب Depolarization في البطين (تمثل الانقباض البطيني).
- موجة T : وتمثل عوة الاستقطاب Repolarization في البطين (تمثل الانبساط البطيني). أما الانبساط الأذيني فلا يظهر في التخطيط لتغلب QRS عليه.

أما الفترة الزمنية بين R و P هي الزمن اللازم لانتقال التغيير الكهربائي (سرعة التوصيل) من الأذينين إي البطينين.

باستطاعة الطبيب تشخيص تلف أو تضخم القلب وتجاويفه أو اليافه بواسطة التخطيط فمثلا : زيادة طول فترة P-R تعني تلف الأنسجة الموصلة لموجه التغييرالكهربائي من الأذينين إلى البطينين مثل الحصر القلبي Heart block.





شكل رقم (5 - 6)
التخطيط الطبيعي الكهربائي للقلب.

أما زيادة طول الفترة الزمنية لمعقد QRS والذي يستغرق 0.06 في الأشخاص الأصحاء فهو دليل على بطيء في التوصيل في عضلات البطينين بسبب التضخم البطيني.

معاني موجات التخطيط الكهربائي للقلب :

يعمل القلب أثناء النبض كمولد كهربائي، ففي حالة الاستقطاب تتكون شحنة موجبة على السطح الخارجي لعضلة القلب. وعند زوال الاستقطاب تصبح الشحنة سالبة. ولهذا فإن التخطيط الكهربائي E. C. G يسجل التغيرات الكهربائية في القلب أثناء مراحل الدورة القلبية ابتداء من العقدة الجيبية – الأذينية مروراً بالاذينين فالبطينين.

ويتألف التخطيط الطبيعي من 3 موجات موجبة تقع فوق الخط الأفقي المستوي وهي الموجات .T. R. P وبينها المركب QRS والمسافةP-R، والقطة S-T والقطعة Q-T واحياناً الموجة U.

1- الموجة P : هي أول موجة موجبة في المخطط، وتمثل إثارة الاذينين وزوال الاستقطاب فيهما، وتبدأ قبل الانقباض الاذيني. وهي موجبة في جميع الأقطاب ما عدا في القطب aVR فهي سالبة، وارتفاعها أقل من 3 ملم ومدتها 0.11 ثانية.

2- المسافة P-R : وتقاس من بداية الموجة P الى بداية المركب QRS وهي تقيس الزمن الذي تستغرقه الموجة للوصول من العقدة الكيسية – الأذينية الى الألياف البطينية، ومدتها 0.12 - 0.20 ثانية.



3- المركب QRS : وهو يمثل اثارة البطينين وزوال الاستقطاب فيهما وتتراوح مدته ما بين 0.04 - 0.08 ثانية.

موجة Q : موجة سالب مدتها من 0.01 - 0.02 ثانية.

موجة R : موجة موجبة في المركب سواء سبقتها الموجة Q أم لا.

موجة S : الموجة السالبة التالية للموجة R.

4- القطعة S-T : وتأتي مباشرة بعد QRS، وتقاس من نهاية S الى بداية T وهي على الخط الأفقي على مستوى T-P. وتبدأ بالتحدب التدريجي. فإذا وقعت أعلى أو أسفل الخط الأفقي فيعني ذلك نقص تروية عضلة القلب Ischaemia.

5- الموجة T : تمثل عودة الاستقطاب.

* وهي موجبة في I, II, V3, V4, V5, V6 .

* وهي سالبة في aVR.

* وهي مختلفة في الاقطاب aVI, aVF, V1, V2, III.

* وهي دائرية وغير متناظرة، فإذا كانت مدببة أو مقعرة فدليل مرضي.

* ويبلغ ارتفاعها دائماً 5 ملم ولا تزيد عن 10 ملم في أي قطب قلبي، فإذا زادت عن ذلك، فذلك دليل احتشاء عضلة القلب.

6- Q-T : وتقاس من بداية المركب QRS الى نهاية الموجة T، وتمثل مدة انقباض البطينين. وتختلف حسب معدل دقات القلب، والجنس والعمر.

7- الموجة U : موجة صغيرة، تظهر أحياناً، وتأتي بعد T وباتجاهها، فاذا انقلبت عكسها فدليل احتشاء عضلة القلب.

كيفية إجراء التخطيط :

هناك ثلاثة أنواع من الأقطاب الكهربائية المستعملة وهي :



1- الاقطاب المعايرة (القياسية) Standard Leads :

وهي ثنائية القطبية : يمكن الحصول على تشخيص صحيح بنسبة 80 - 90% من خلال قراءة هذه الاقطاب فقط (شكل رقم 5 - 7 أ) وهي :

l - L يصل بين الذراعين.

II - L يصل بين الذراع اليمنى والساق اليسرى.

III- L يصل بين الذراع اليسرى والساق اليسرى.

فيكون القلب في مركز المثلث المتكون من هذه الثلاثة أقطاب.

شكل رقم (5 - 7 أ) الاقطاب وكيفية توصيلها لغرض التخطيط الكهربائي للقلب.

ECG leads

Limb leasd		Chest leasd	
Name	Electrodes used	Name	Electrodes used
I	RA + LA	V_1	1 + reference
II	RA + LF	V_2	2 + reference
III	LA + LF	V_3	3 + reference
aV_L	LA + reference	V_4	4 + reference
aV_R	RA + reference	V_5	5 + reference
aV_F	LF + reference	V_6	6 + reference

شكل رقم (5 - 7 ب) اقطاب التخطيط الكهربائي للقلب.

2- الأقطاب حول القلب Pre-cordial Leads : وهي أحادية القطب، عددها ستة (شكل رقم 5 - 7 ب) وهي :

V1 في المساحة الرابعة بين الضلعين اليمنى.

V2 في المساحة الرابعة بين الضلعين اليسرى.

V3 في منتصف المسافة بين V4, V2.

V4 في المساحة الخامسة بين الضلعين اليسرى على مسار الخط الهابط من منتصف الترقوة.

V6, V5 في نفس مستوى V4.

3- أقطابaV وهي أحادية القطب، وهي aVR, aVL, aVF توصل بجهاز كهربائي فيسجل التغيرات التي تحدث لتيار التنبيه الكهربائي للقلب عند مستوى كل قطب (شكل رقم 5- 8).



V1 V2 V3 V4 V5 V6

V1 & V2 Show large S-wave, Intermediate lead i:e: V4 Show equal R - wave & S- wave V5 & V6 show large R-wave

210 aVR 270 aVL 330 (-30) minimum QRS

180 O⁰ I

III 120 II 60 largest QRS

90 aVF

1- at the right margin of the sternum in the fourth intercostal space
2- at the margin of the sternum in the fourth intercostal space
3- midway between positions 2 and 4
4- at the left midclavicular line in the fifth intercostal space
5- at the left anterior axillary line and at the same level as position 4
6- at the left midaxillary line and at the same level as position 4

شكل رقم (5 - 8)

مواضع اقطاب الصدر واشكال تخطيط القلب باستعمال الاقطاب الصدرية

الدورة القلبية Cardiac Cycle

ويقصد بها جميع الحوادث المرافقة للنبضة القلبية الواحدة.

الانبساط الأذيني Auricular Diastole يستغرق 0.1 ثانية.

عند انبساط الاذينين :

يمتلىء الأذين الأيمن بالدم الوارد من أنحاء الجسم بواسطة الأوردة الجوفاء. ويمتلىء الأذين الأيسر بالدم الوارد من الرئتين بواسطة الوريدين الرئويين. والقوة التي تعمل على سريان الدم من هذه الأوردة نحو الأذينين هي فرق الضغوط بين الأوردة والأذينين. ويكون الضغط داخل الأذينين أقل من الضغط داخل الأوردة نتيجة لـ :

1- ارتخاء جدران الأذينين أثناء عملية الانبساط.

2- ارتفاع ضغط الأوردة نتيجة تدليك العضلات الهيكلية لجدرانها.

يبلغ الضغط الوريدي العام حوالي 10 ملم زئبق. وينخفض الضغط داخل الأذينين إلى حوالي صفر أو تحته بقليل أثناء عملية الشهيق. بعدها يحدث : الانقباض الأذيني Auricular systole (يستغرق 0.1 ثانية). يرتفع الضغط داخل الأذينين ليبلغ :

* حوالي 4 - 6 ملم زئبق في الأذين الأيمن.

* وحوالي 7 - 8 ملم زئبق في الأذين الأيسر.

في هذه الأثناء يحدث : الانبساط البطيني **Ventricular Diastole** (يستغرق 0.2 ثانية).

ينخفض الضغط داخل البطينين إلى ما يقارب الصفر (وعند ابتداء الانخفاض تنغلق الصمامات شبه الهلالية لتمنع رجوع الدم إلى البطينين).

يؤدي ارتفاع الضغط في الاذينين عنه في البطينين إلى انفتاح الصمامات الأذينية - البطينية Atrio - ventricular valves ودخول الدم من الاذينين إلى البطينين.

وبعد ذلك يحدث :الانقباض البطيني **Ventricular systole** (يستغرق **0.2** ثانية)

وهو أقل من الانقباض الأذيني بفضل الجدران العضلية السميكة للبطينين ويؤدي إلى ارتفاع كبير في ضغط الدم داخل البطينين.



يبلغ الضغط في البطين الأيسر 120 ملم زئبق أو أكثر وفي البطين الأيمن 25 ملم زئبق.

يؤدي ارتفاع الضغط في البطينين عنه في الأذينين إلى : انغلاق الصمامات الأذينية - البطينية ومنع رجوع الدم من البطينين إلى الأذينين. وكذلك تنفتح الصمامات شبه الهلالية Semilunar Valves فيندفع الدم بقوة :

* من البطين الأيسر إلى الشريان الأبهر حيث يكون الضغط فيه 120 ملم زئبق.

* من البطين الأيمن إلى الشريان الرئوي حيث يكون الضغط فيه 22 ملم زئبق.

بعد الانقباض يعتري البطينين الانبساط الذي يؤدي إلى انخفاض الضغط فيهما إلى الصفر.

ولكن حالما يبدأ الضغط داخل البطينين بالانخفاض أقل من الضغط في الشريان الأبهر والشريان الرئوي. تنغلق الصممات شبه الهلالية وبذلك يمنع رجوع الدم إلى البطينين وتسمى مجموع هذه الحوادث بالدورة القلبية Cardiac Cycle.

* لا يرجع الدم من الاذينين إلى الأوردة الرئيسة أثناء التقلص الاذيني بالرغم من عدم وجود صمامات بين هذه الأوردة والأذينين للأسباب الآتية :

1- ضعف الانقباض الأذيني بحيث أن الضغط في الأذنين أثناء الانقباض لا يتعدى الضغط في الاوردة المتصلة بها مطلقا.

2- ضعف المقاومة الامامية لانتقال الدم في الأذنين إلى البطينين نظراً للترتيب الخاص للصمامات الأذينية البطينية.

3- وجود الياف عضلية حلقية عند اتصال الاوردة بالأذينين تعمل على تضييق الفتحة الكائنة بين الوريد والأذين أثناء انقباض الأذين.

الأصوات القلبية Heart Sounds :

يرافق نبض القلب صوتان متميزان هما :

1- الصوت الأول أو الانقباضي Firt or systolic sound : يكون هذا الصوت اطول من



الصوت الثاني واوطأ نغمة ويشبه اللفظة "Lubb" يعتقد أن سببه الاهتزاز الذي يحدث في الصمامات الأذينية – البطينية أثناء انغلاقها عند ابتداء الانقباض البطيني Ventricular systole وكذلك الاهتزاز في جدران البطينين.

إن أي عطب يصيب الصمامات الأذينية البطينية يؤثر على هذا الصوت ويسمى الصوت الناتج باللفظ Murmur (شكل رقم 5 - 9 أ و ب).

2- الصوت الثاني أو الانبساطي Second or diastolic sound : وسببه الاهتزاز الحادث في الصمامات شبه هلالية نتيجة انغلاقها عند ابتداء الانبساط البطيني "Ventricular di-astole" ويشبه اللفظ "Dup". لذلك فإن نبض القلب يشبه صوت اللفظين "Lubb-Dup". وتعاد هذه في كل دورة قلبية. وتبلغ عدد النبضات حوالي 72 مرة في الدقيقة للإنسان البالغ الصحيح. أحياناً يمكن سماع أصوات إضافية في القلب الطبيعي.

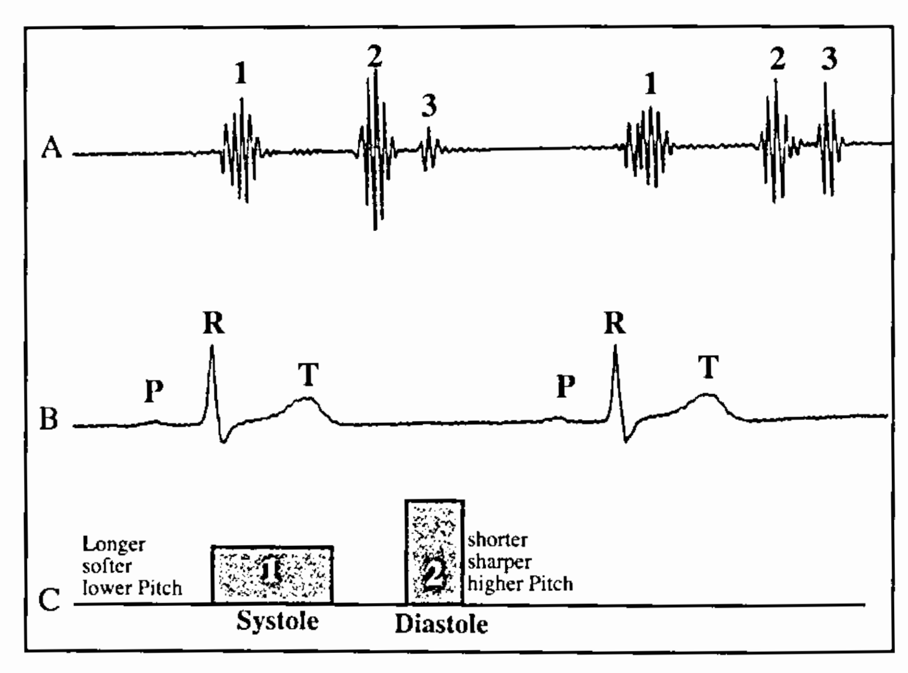
ضغط الدم Blood Pressure

يتكون ضغط الدم نتيجة لانقباض جدران البطين العضلية. ويقصد بضغط الدم :

باللغة الطبية : الضغط داخل الشرايين الجهازية والتي تشمل الابهر وتفرعاته.

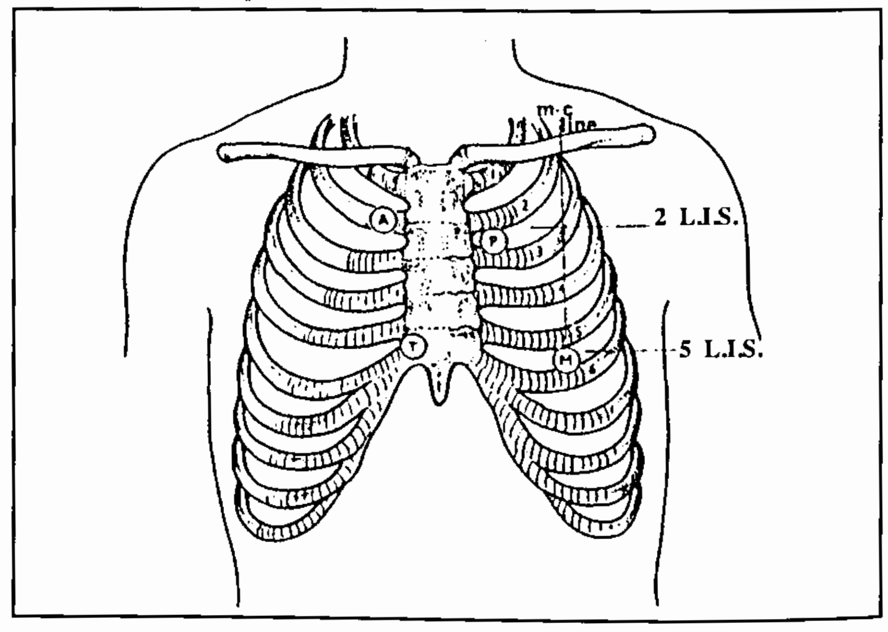
بالمعنى الوظيفي : الضغط في تجاويف القلب الأربع أثناء الانقباض والانبساط وداخل الشرايين والاوردة والاوعية الشعرية.

يقاس الضغط في الإنسان في الشريان العضدي Brachial artery بواسطة جهاز قياس الضغط Sphygmomanometer ويتألف من كيس الضغط Pressur cuff وسماعة الطبيب Stethoscope ومنفاخ مطاطي على شكل حويصلة مطاطية bulb، مانوميتر زئبقي (شكل رقم 5 - 10 أ و ب).



شكل رقم (5 - 9أ)

الاصوات القلبية (C, A) وتخطيط القلب الكهربائي (B).



شكل رقم (5 - 9 ب)

مخطط للصدر يبين الاضلاع والفسح مابين الاضلاع ومواقع الاصوات.



* يربط الكيس حول العضد فوق المرفق بحوالي بوصة واحدة وتوضح السماعة تحت الكيس وفوق الشريان.

* ننفخ بواسطة الحويصلة المطاطية إلى أن يصبح الضغط داخل الكيس حوالي 200 ملم زئبق.

* نظراً لأن هذا الضغط أعلى من ضغط الدم في الشريان العضدي فإنه يؤدي إلى سد الشريان.

* بعد ذلك ينخفض الضغط في الكيس بصورة تدريجية بفتح الصمام للتخلص من الهواء الزائد.

* يستمر ذلك حتى يسمع صوت يمثل مرور الدم في الشريان العضدي بعد ان كان مغلقا ويسمى صوت كوروتكوف Korotkoff sound بواسطة السماعة التي توضع على الشريان العضدي. يمثل الضغط الذي يقرأ على المانوميتر الضغط الانقباضي Systolic Pressure.

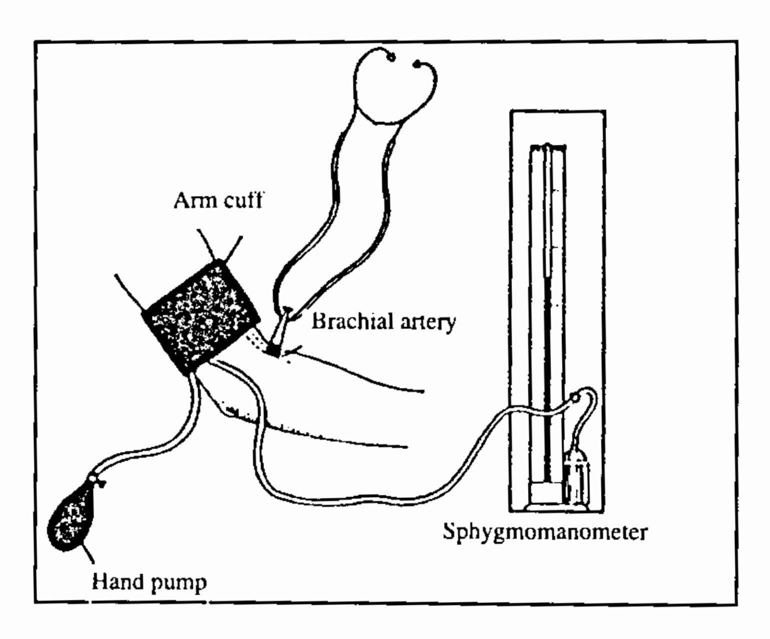
* بعد ذلك يخفض الضغط في الكيس بصورة تدريجية الأمر الذي يجعل الصوت أعلى فأعلى إلا أن يخفت بصورة فجائية وهذا هو الضغط الإنبساطي Diastolic Pressure.

عندما ينقبض البطين الأيسر يرتفع الضغط داخله إلى 120 ملم زئبق. يؤدي هذا إلى انتفاخ الصمام شبه الهلالي الكائن في بداية الأبهر.

يندفع الدم داخل الشريان الأبهر ويرتفع الضغط فيه إلى 120 ملم زئبق أيضاً. يسمى هذا بالضغط الانقباضي SystolicPressure.

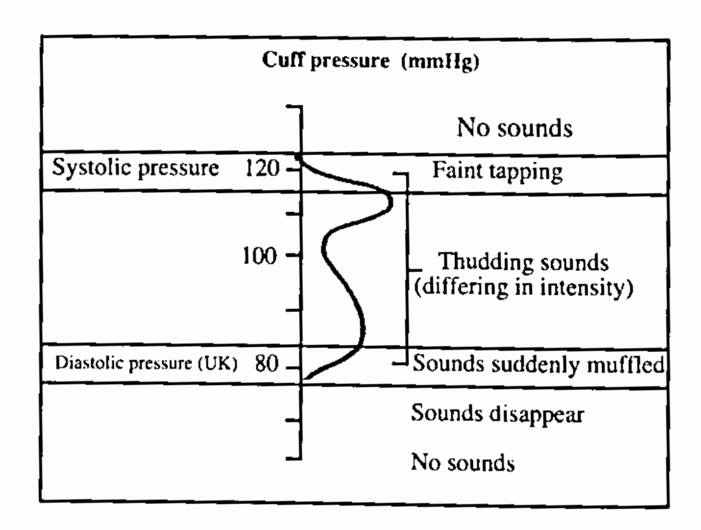
بعد ذلك يبدأ البطين الأيسر بالإنبساط فينخفض الضغط داخله إلى أن يصل الصفر تقريباً. أما الضغط داخل الأبهر والشرايين المتفرعة منه فيبدأ هو الآخر بالانخفاض. عندما يصل الضغط حوالي 80 ملم زئبق وينغلق الصمام شبه الهلالي وبذلك لا ينخفض الضغط في الشرايين دون هذا مطلقا.





شكل رقم (5 - 10 أ)

جهاز قياس ضغط الدم.



شكل رقم (5 - 10 ب)

الاصوات التي يمكن سماعها بواسطة سماعة الطبيب تحت ضغوط مختلفة لشخص بالغ صحيح الجسم.



يسمى هذا بالضغط الإنبساطي Diastolic pressure.

يسمى الفرق بين الضغطين الإنقباضي والانبساطي بضغط النبض.

ضغط النبض = 120 - 80 = 40 ملم زئبق في البالغين الأصحاء.

أما المعدل الحسابي للضغطين الإنقباضي والانبساطي فيدعى متوسط ضغط الدم.

متوسط ضغط الدم = (120 + 80) ÷ 2 = 100 ملم زئبق.

العوامل المؤثرة على ضغط الدم :

1- الضخ القلبي Carliac Output : ويعتمد على سرعة القلب Heart rate وحجم الضربة Volume stroke.

2- المقاومة المحيطية Peripheral resistance : تتأثر بـ أقطار الأوعية الدموية، وحجم الدم، ولزوجة الدم.

معدل النبض (72 نبضة / دقيقة).
حجم الضربة (70 مليلتر).
أقطار الشريان.
← الضخ القلبي (5 لتر / دقيقة)

لزوجة الدم (1.54).
حجم الدم (6 لتر).
← المقاومة المحيطية

الضخ القلبي + المقاومة المحيطية ← متوسط ضغط الدم (100 ملم زئبق).

تتناسب المقاومة التي يلاقيها الدم عبر مروره خلال الأوعية الدموية عكسياً مع القوة الرابعة لأنصاف أقطار الأوعية الدموية (أنصاف أقطار الاوعية الدموية)^4 وطردياً مع لزوجة الدم.

وبما أن ضغط الدم يتناسب طرديا مع المقاومة المحيطية لذلك فإن ضغط الدم يتناسب عكسياً مع القوة الرابعة لانصاف أقطار الاوعية وطرديا مع لزوجة الدم.

ضغط الدم α (لزوجة الدم / أنصاف أقطار الاوعية الدموية)^4 .

المقاومة المحيطية :

تقع معظم المقاومة في الشرينات. وبما أن الشريان والاوعية الدموية لها القابلية على تغيير أقطارها لذا فإن ضغط الدم يعتمد على توسع Vasodilataion وانقباض Vasoconstriction الشرينات.

ويقع الانقباض والانبساط في أقطار الشرايين تحت تأثير الجهاز العصبي المركزي CNS عن طريق الألياف العصبية الودية التي هي قابضة للشرينات.

وتؤدي زيادة فعالية هذه الالياف إلى انقباض عام للشرينات وبالتالي ارتفاع ضغط الدم (وهذا يفسر ارتفاع الضغط المفاجيء عند الانفعال). كما أن قلة فعالية هذه الألياف تؤدي إلى انبساط الشرينات وبالتالي انخفاض ضغط الدم العام.

لزوجة الدم Blood viscosity

وتعتمد على عدد الكريات الحمراء ومقدار بروتينات بلازما الدم. إن انخفاض هذه المكونات بسبب الإصابة بفقر الدم الشديد يؤدي إلى انخفاض اللزوجة في الدم وبالتالي انخفاض الضغط. كما أن ازدياد عدد الكريات الحمر كما في مرض فرط الكريات Polycythemia يؤدي إلى ارتفاع لزوجة الدم وكذلك ارتفاع ضغط الدم.

ضغط الدم وجريانه في الأوعية المختلفة :

يتناقص ضغط الدم بصورة تدريجية ابتداء من الأبهر (حيث متوسط الضغط البالغ 100 ملم زئبق) وانتهاء في الأوردة الجوفاء Venae Cavae التي تصب في الأذين الايمن والتي يصل الضغط فيها إلى الصفر تقريبا. ويلاحظ أن معظم الهبوط في الضغط يحصل في الشرينات وذلك لأن هذه الاوعية الدموية تحمل أعلى مقاومة لجريان الدم بسبب أقطارها الضيقة بالنسبة للشرايين التي تتفرع منها.

سرعة الجريان الدموي :

تتناسب سرعة جريان الدم عكسياً مع المساحة الكلية لمجموع مقاطع الاوعية الدموية التي يمر الدم خلالها.



لذا فإن الدم يكون سريع الجريان في الأبهر والشرايين الرئيسية المتفرعة منه وفي الاوردة واوطأ ما يكون في الشعيرات الدموية.

الوعاء	المجموع الكلي للمقاطع	سرعة الجريان
الشرايين الكبيرة (الأبهر)	400 ملم^2	200 ملم / ثانية
الشعيرات الدموية	160.000 ملم^2	1 - 2 ملم / ثانية
الاوردة الكبيرة	600 ملم^2	133 ملم / ثانية

سرعة الجريان ولا تعتمد على الضخ القلبي وإنما على سعة المجرى الذي يمر فيه الدم.

يلاحظ بأن مجموع مساحة مقاطع الشعيرات هو 400 مرة اكثر من مساحة المقطع العرضي للأبهر، لذل فإن سرعة جريان الدم في الشعيرات هي 400 مرة أقل مما هو عليه في الأبهر.

السيطرة العصبية Nervous control

يقع كل من نبض القلب وتوسع وتمدد الاوعية الدموية وضغط الدم تحت السيطرة العصبية.

* نبض القلب :

للقلب القابلية على النبض الذاتي إلا أن الجهاز العصبي له تأثير محور لسرعة هذه النبضات تحت الظروف المختلفة كالرياضة لخدمة الجسم الآنية.

يزود القلب بنوعين من الألياف العصبية هي :

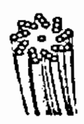
1- الالياف الودية Sympathetic fibers التي تزيد من سرعة وقوة النبض.

2- الألياف نظير الودية Parasympathetic fibers التي تثبط سرعة وقوة النبض.

في أثناء الراحة هناك توازن بين الفعل المحفز للألياف الودية والفعل المثبط للألياف نظير الودية بحيث يبقى النبض قريباً من 72 نبضة / دقيقة. وفي أثناء الرياضة أو الأعمال الشاقة يزداد التحفيز الودي مما يؤدي إلى تسارع القلب ولكن ضعف النبض.

* التزود العصبي :

* التزود الودي : هو من خلال العصب المعجل Accelerator nerve الذي ينشأ من العقدة



العنقية السفلى Inferior cervical ganglion وبعض العقد الودية. والألياف الودية هي ألياف بعد عقدية وتتوزع في عضلات البطينين.

* التزود نظير الودي : هو من خلال ألياف بعد عقدية تصل عن طريق العصبين التائهين Vagi (Vagus) وتتصل بصورة رئيسية بالأذينين وخاصة في العقدة الكيسية الأذينية (S - A node) والعقدة الأذينية البطينية (A - V node).

*** الأوعية الدموية :**

يلعب الجهاز العصبي الودي دوراً مهما أكثر من الجهاز نظير الودي في السيطرة على أقطار الأوعية الدموية وذلك لتوسيعها وانقباضها.

* تزود الألياف الودية جميع الأوعية الدموية عدا الشعيرات.
* أما الألياف نظير الودية فهي مقتصرة على الأوعية الدموية لبعض الغدد حيث تسبب توسعها وبذلك تزيد من إفرازاتها.
* تحافظ الألياف الودية الوعائية القابضة Sympathetic vasoconstricter fibers على مقدار معين من التوتر الوعائي في معظم الأنسجة.
* يؤدي التحفيز الودي نتيجة الرياضة أو الإنفعال العاطفي إلى تحرر النورادينالين الذي يسبب انقباض الأوعية وبذلك يحول الدم من الأوردة (التي لها قابلية كبيرة على التوسع أكثر من الأوعية الأخرى) والأحشاء إلى العضلات القلبية والهيكلية.
* يحدث العكس عند تناول الطعام حيث يقل التحفيز الودي فتتمدد الأوعية الدموية في القناة الهضمية وتمتلىء بالدم وبذلك ينشط إفراز وامتصاص العصارات الهضمية.

تنظيم ضغط الدم Regulation of blood pressure

* يوجد في النخاع المستطيل مركز يدعى المركز الحركي الوعائي Vasomotor (VMC) center.
* يبعث هذا المركز باستمرار سيلا من الإيعازات العصبية خلال الألياف الودية إلى جدران الشرينات لإبقاء درجة معينة من التوتر فيها.

يتأثر هذا المركز موضعياً وعن طريق الألياف الحسية بعوامل وظيفية معينة من شأنها تغيير عدد الايعازات العصبية الصادرة من المركز.

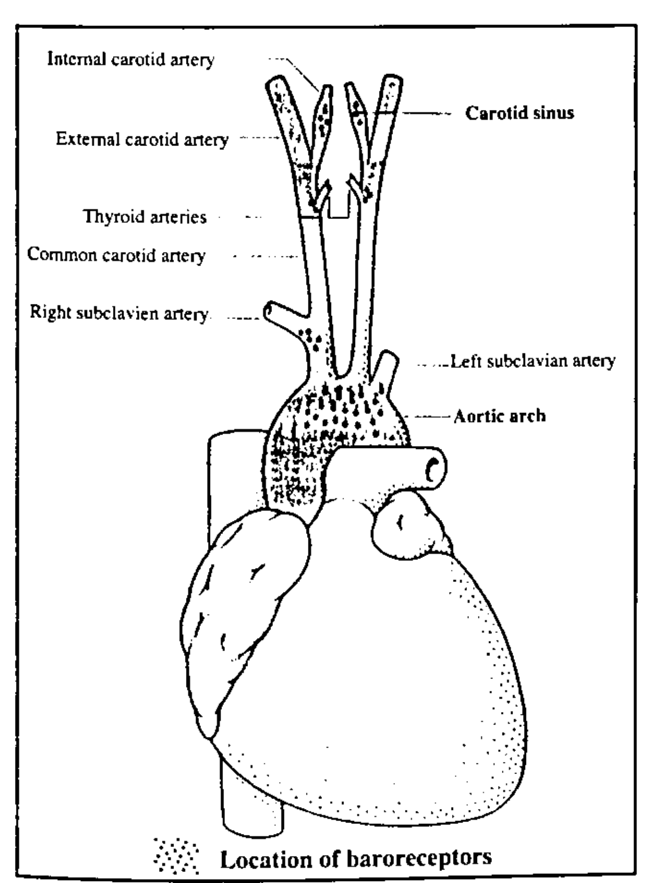


فمثلا : يتأثر المركز موضعيا بكمية كل من CO_2 و O_2 في الدم بواسطة المستلمات الكيماوية Chemoreceptors (في القلب والرئتين). فارتفاع نسبة CO_2 في الدم وانخفاض نسبة O_2 تحفز المركز فيزداد توتر جدران الشرينات وبالتالي يرتفع ضغط الدم.

* أما التأثير غير الموضعي فيتم بواسطة الانعكاسات Reflexes.

* يتألف القوس الانعكاسي من ألياف عصبية حسية تقع نهاياتها في جدران كل من القوس الأبهري Aortic arch والكيس أو الجسم السباتي Carotid sinus or body (شكل رقم 5 - 11 أ و ب).

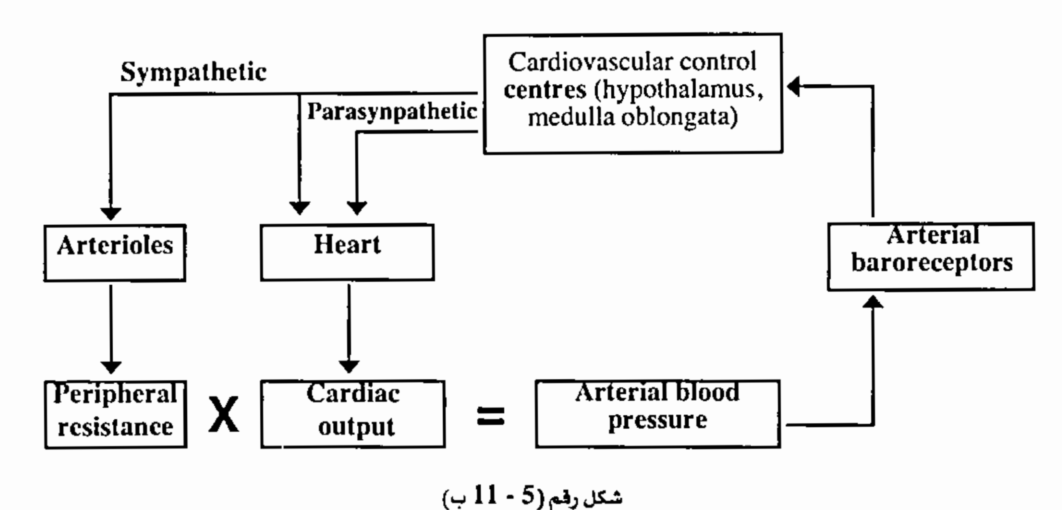
* ويقع الجسم السباتي عند تفرع الشريان السباتي المشترك إلى الشريان السباتي الخارجي والداخلي.



شكل رقم (5 - 11 أ)

مواقع المجاميع الرئيسية للمستلمات الضغطية.





شكل رقم (5 - 11 ب)

كيفية السيطرة على ضغط الدم الشرياني.

عند ابتداء ارتفاع الضغط تتأثر المستلمات الموضعية Baroreceptors لهذه الألياف العصبية الحسية نتيجة التمدد الضئيل في جدران كل من القوس الأبهري والجسم السباتي وبذلك يصل عدد كبير من الايعازات العصبية إلى المركز الحركي الوعائي الذي يحدث فيه تثبيط Inhibition والذي يؤدي بدوره إلى قلة توتر الشرينات (أي أنها تتمدد) وبالتالي ينخفض الضغط.

يحدث العكس عندما يهبط ضغط الدم حيث يقل التثبيط على المركز الوعائي الحركي وبالتالي يزداد التوتر في الشرينات (أي أنها تتقلص) مما يؤدي بدوره إلى ارتفاع ضغط الدم إلى الحد الطبيعي.

يوجد بالقرب من المركز الوعائي الحركي VMC مركز آخر يعرف بالمركز القلبي Cardiac center الذي يتألف من مركز قلبي معجل Cardiac acceletory center يسبب زيادة سرعة النبض عن طريق الأعصاب الودية ومن مركز قلبي مثبط Cardiac Inhibitory يسبب قلة النبض عن طريق الأعصاب نظير الودية مثل العصب التائه Vagus nerve. وفي الوقت نفسه الذي تصل فيه الايعازات العصبية إلى المركز الوعائي الحركي من المستلمات الضغطية في كل من القوس الأبهري والجسم السباتي. تصل أيضا ايعازات عصبية من نفس المستلمات إلى المركز القلبي المثبط مما يؤدي إلى ابطاء القلب وبالتالي انخفاض الضخ القلبي وبالتالي انخفاض الضغط.

وبالعكس فإن انخفاض معدل اطلاق المستلمات الضغطية بسبب انخفاض الضغط يؤدي الى زيادة نشاط المركز القلبي المعجل مما يؤدي إلى زيادة الضخ القلبي والذي يساعد على إعادة ضغط الدم إلى مستواه الطبيعي.

الدم Blood

* وهو من الأنسجة الرابطة السائلية ولكنه أكثرها ديناميكية وتخصصا في الجهاز الناقل. وتضاف للدم في كل لحظة عشرات الأنواع من المواد المختلفة من القناة الهضمية على شكل نواتج هضم المواد الغذائية المختلفة كما يضاف اليه الأوكسجين من الرئتين وهرمونات عديدة. وتزال من الدم أنواع مختلفة من المواد على شكل فضلات تطرح بواسطة الكليتين مع البول أو CO_2 بواسطة الرئتين. وعلى الرغم من الاضافة والطرح يبقى الدم محافظاً على تركيبه ومكوناته وخواصه. ويشكل الدم المحيط الداخلي للجسم الذي يتميز بالثبوتية بالرغم من تبدل المحيط الخارجي. ويشكل الدم حوالي 5 ألتار وحسب وزن الجسم (يبلغ 7.7% من وزن الجسم).

مكونات الدم:

1- البلازما (55%) ويشكل الماء حوالي 90% من نسبته ويحتوي على بروتينات البلازما Plasma Proteins وهي الالبومين والكلوبيولين والفايبرينوجين.

* بروتينات منظمة وواقية وهي الهرمونات والأجسام المضادة والأنزيمات.

* مواد لا عضوية مثل Na ،Cl ،Ca ،K ،HCO_3 ،I ،Fe.

* غازات التنفس وهي O_2 ،CO_2.

2- مواد عضوية، وتشمل:

* الفضلات مثل اليوريا وحامض اليوريك والكرياتين والأمونيا...الخ.

* مواد غذائية مثل الحوامض الأمينية، وسكر العنب والدهون والكوليسترول.

3- خلايا الدم وتشكل 45% وهي أثقل من البلازما فلذلك تغطس إلى القعر عند أخذ العينة الدموية وتشمل :

أ- خلايا الدم البيض W. B. C_s وتشكل 5,500 - 9 ألف في كل ملم^3 واحد وتدافع عن الجسم ضد المواد الغريبة والبكتيريا (شكل رقم 5 - 12).

ب- خلايا الدم الحمر R. B. Cs وتشكل 4.2 - 6.4مليون في كل ملم3 واحد وتعمل على نقل الأوكسجين وثاني أوكسيد الكربون.

جـ- الأقراص الدموية Platelets or Thrombocytes

* وتشكل 250 - 500 ألف في كل ملم^3 واحد.
* وهي مهمة في تخثر الدم الطبيعي.

بروتينات البلازما Plasma Proteins :

* توجد بشكل ذائب في البلازما.
* تشكل حوالي 6 - 8% من وزن البلازما.
* تتكون من ثلاثة أنواع هي :

أ- البومين مصلي Serum albumin

* نسبته 4 - 5%
* ويكسب الدم ضغطه الأوزموزي.

ب- كلوبيولين مصلي Serum Globulin

* نسبته 2.7 - 3%
* تتكون من ثلاثة أنواع هي ألفا α ، بيتا β ، كاما γ .

1- الفا كلوبيولين α Globulin

ويعمل على نقل البليروبين Bilirubin والليبيدات والسترويدات.

2- بيتا كلوبيولين β Globulin وتعمل على نقل الحديد Fe والنحاس Cu في البلازما.

3- كاما كلوبيولين γ Globulin وله علاقة بتكوين الأجسام المضادة والمناعة.



جـ- الفايبرينوجين Fibrinogen

* ضروري لتكوين الفايبرين Fibrin المهم في عملية تخثر الدم.

* نسبته 0.3%.

شكل رقم (5 - 12)

مكونات الدم في الانسان ومراحل تكونها.



أهمية بروتينات بلازما الدم :

* تكسب بروتينات البلازما ضغطا أوزموزيا Osmotic pressure يقدر بحوالي 25 - 30 ملم زئبق.

* وهي مهمة في تنظيم حجم الدم Blood Volume وتوازن السوائل الجسمية Body's fluid balance.

* مسؤولة عن لزوجة الدم Viscosity وضرورية في استمرار ضغط الدم الطبيعي.

* إضافة إلى تكوينها شبكة التخثر الدموي.

* يصنع معظم الألبومين والفايبرينوجين تقريباً في الكبد. اما الكوبيولين فيصنع في الكبد والعقد اللمفاوية.

* يصنع الكبد بروتينات البلازما بسرعة وبمعدل 55 غم كل 24 ساعة ويعتمد معدل صنع البروتينات من الكبد على تركيز الحوامض الأمينية في الدم.

* بالامكان فصل بروتينات البلازما بواسطة جهاز الهجرة الكهربائية Electrophoresis: فعند تعريض قطرة صغيرة من البلازما موضوعة على ورق ترشيح إلى تيار كهربائي ضعيف في جهاز تتحرك الجزيئات البروتينية باتجاه القطب الموجب Anode لانها ذات شحنة سالبة.

* ونظراً لإختلاف درجة سالبية الجزيئات المختلفة من بروتينات البلازما وتباين اوزانها الجزيئية فإنها تتحرك نحو القطب الموجب بسرع مختلفة وبذلك تنفصل عن بعضها على ورق الترشيح.

* تقوم بروتينات البلازما بوظائف أخرى فهي تعمل على حمل بعض الهرمونات مثل الثايروكسين Thyroxin وهرمونات قشرة الكظرية وهرمونات المناسل.

* نقص تركيز بروتينات البلازما يسمى Hypoproteinemia ويحدث عند المجاعة أو التهاب الكلى Nephritis.



فصائل أو مجاميع الدم Blood Groups

* عندما يحدث أي نزف ويفقد الجسم حوالي لتر من دمه فإن من الضرورة بمكان التعويض عن كريات الدم الحمر المفقودة في الأسابيع التالية وخاصة عندما ينخفض مقدار هيموغلوبين الدم ما مقداره 40%.

* وعندما يتقرر البدء بتعويض الدم المفقود يجب معرفة نوع الدم وفصيلته، لأن الدم غير المتطابق عند نقله من المعطي إلى المستلم قد يؤدي إلى تلازم الدم Blood agglutinate ويجعل الكريات الحمر تلتصق مع بعضها البعض.

* إن إلتصاق كريات الدم مع بعضها قد يؤدي إلى انسداد الشعيرات الدموية الصغيرة مما يجعل المريض يشعر بآلام مبرحة وشديدة.

* وتجمع كريات الدم يؤدي إلى تحللها ثم تحرر كميات كبيرة من الهيموغلوبين في بلازما الدم ثم ترشيحها خلال النبيبات الكلوية ويؤدي إلى عطل الكلية Kidney failure.

* لقد كانت اغلب عمليات نقل الدم من شخص لآخر وحتى عام 1900م تؤدي إلى الوفاة.

* وبعدها ادخل العالم لاندستاينر Landstiner مفهوم فصائل الدم حيث أشار إلى وجود أو عدم وجود اثنين من الملزنات agglutinogens التي تحمل على سطوح كريات الدم الحمر والتي أطلق عليها A و B (وتسمى أيضاً مستضدات AوB) وبموجب ذلك فإن :

الملزنات A تعود إلى فصيلة الدم A.

والملزنات B تعود إلى فصيلة الدم B.

والملزنات من النوعين B و A تعود إلى فصيلة الدم AB

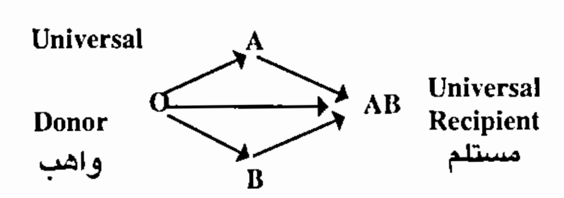
أما عدم وجود الملزنات من النوعين فتشير إلى أن فصيلة الدم هي من نوع O.

* أما الأجسام المضادة Ab فتنتشر في بلازما دم هذه الفصائل بعكس انتشار الملزنات ويرمز لها بأحرف صغيرة.

* وقد أظهرت البحوث أن فصائل الدم تتوارث في الإنسان حسب قوانين الوراثة المندلية حيث ان فصيلة B و A تكون متغلبة، بينما تكون فصيلة O متنحية.

* ويمكن نقل الدم بين الفصائل المختلفة حسب ما هو في المخطط والجداول(شكل رقم 5 - 13).





A : ABO system

B : Distribution of blood groups in different populations					
Blood group	UK	Japan	Indian	Yemen (Ibb)	Spain
Rhesus positive	83%	98%	90%	90%	69%
Rhesus negative	17%	2%	10%	10%	31%
O	47%	31%	31%	50%	57%
A	42%	38%	24%	37%	42%
B	9%	22%	35%	10%	1%
AB	3%	9%	9%	3%	0%

C: Bloods grouped according to the ABO system that can (√) and cannot (x) be safely transferred.						
Donor's blood			Recipient's blood group			
Group	Antigens present (Ag)	Antibodies present (Ag)	A	AB	B	O
A	A	Anti-B (b)	✓	✓	×	×
AB	A,B	— (-)	×	✓	×	×
B	B	Anti-A (a)	×	✓	✓	×
O	_	Anti-A, Anti-B (a,b)	✓	✓	✓	✓

شكل رقم (5 - 13)

A : فصائل الدم وجهاز ABO

B : جدول انتشار فصائل الدم في الشعوب المختلفة.

C: فصائل الدم المختلفة وما تحويه من مستضدات واجسام مضادة.



عامل الريسس (Rh) Rhesus

في عام 1940 اكتشفت فصيلة مهمة من فصائل الدم سميت فصيلة ريسس نسبة إلى نوع من القردة هي ريسس Rhesus monkey حيث وجد أن هذه القردة تحتوي في حوالي 88% منها على هذا العامل. وقد اظهرت الدراسات وجود هذا العامل في حوالي 85% من مجموع البشر واطلق عليهم مجموعة الريسس الموجب Rh positive. اما الباقي (15%) فهم يفتقرون إلى وجود هذا العامل ويطلق عليهم مجموعة الريسس السالب Rh negative.

وقد وجد بالإضافة إلى المستضدات A ،B المعروفة في فصائل بأن هناك مستضد أخر هو D وهو الذي يعطي فصيلة الدم صفتها السالبة أو الموجبة حيث تحتوي جميع الفصائل الأربعة السابقة على ريسس موجب أو سالب. فمثلاً يستطيع شخص في فصيلة دم سالبة الريسس أن يكون في جسمه مستضد D (anti-D) بعد تعرضه لدم من فصيلة دم موجبة الريسس.

ففي حالة نقل الدم من شخص موجب الريسس +Rh إلى شخص سالب الريسس -Rh فإن المستلم يولد في دمه مستضدات D تعمل على تلازن الدم عند حصول أي نقل دم مرة ثانية في المستقبل. أما أهمية هذا العامل فتتجلى في ابهى صورها عندما يتزوج رجل يحمل فصيلة دم موجبة الريسس من أمرأة ذات فصيلة دم سالبة الريسس.

ويكمن سبب الخطورة في ان مثل هذه المرأة قد يصادف أن يكون جنينها يحمل دم مشابه لوالده حيث يكون دمه موجب الريسس. ففي حالة ان تكون الأم قد اعطيت خلال حياتها من دم موجب الريسس فإن مستضدات D تكون قد تكونت لديها. ويحدث نفس ذلك في حالة تكرر الحمل والولادة لأطفال موجبي الريسس. حيث يمكن لمستضدات D أن تعبر من خلال دم الأم إلى دم الجنين خلال المشيمة (Placenta) لتعمل على تكسير كريات دمه الحمر وبالتالي أصابته بمرض اليرقان الولادي Icterus gravis neonatorum.

إن إعطاء الأم جرعة من الكلوبيولين المناعي المضاد خلال 72 ساعة من الولادة يقلل بصورة ملحوظة من فرص الإصابة بمرض اليرقان الولادي.



تجلط الدم Clotting of blood (Coagulation)

يتجلط الدم عندما تتحول إحدى بروتينات البلازما وهي الفايبرينوجين fibrinogen إلى فايبرين fibrin حيث يكون شبكة من الخيوط تستطيع حبس الخلايا الدموية. وتكون الجلطة clot في البداية مرنة وتشبه الجلي ولكنها تتصلب وتتقلص وتفقد بعض المصل serum الذي يكون رائق الصفرة. ومصل الدم يحتوي على نفس مكونات البلازما مع فقدان بروتين الفايبرينوجين الذي يسبب تجلط الدم. ويجب هنا التفريق بين عملية تجلط الدم Blood clot-ting وعملية التلازن agglutination التي لها علاقة بتجمع خلايا الدم الحمر وتكتلها. ويحدث تجلط الدم في ثلاثة مراحل حسب النظرية المعروفة التي وضعها العالم موراويز Mo-rawitz عام 1904 (شكل رقم 5 - 14).

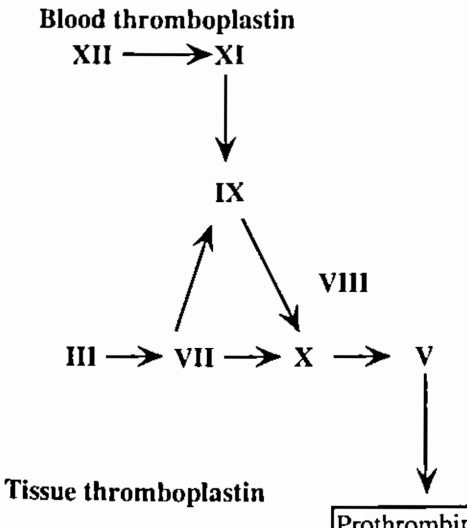
المرحلة الأولى : وهي تكون الثرمبوبلاستين Thromboplastin (وهو غير موجود اصلاً في مجرى الدم ولكنه يتكون عندما تتكسر الأقراص الدموية وتتحطم الأنسجة).

المرحلة الثانية : وهي تحول البروثرومبين إلى ثرومبين (ويحدث عند وجود الثرمبوبلاستين وايونات الكالسيوم).

المرحلة الثالثة : وهي تحول الفايبرينوجين إلى فايبرين (ويحدث عند وجود الثرومبين). وقد أظهرت البحوث الحديثة أن عملية تجلط الدم لا تحدث بهذه البساطة في مراحلها الثلاث المذكورة فقط وإنما تتضمن وجود عوامل دموية Blood factors إضافية تبلغ 13 عامل لكل واحد منها اهميته في عملية تجلط الدم (أنظر المخطط والعوامل وعملية التخثر في جزئي الشكل لفرض التوضيح).



A : Intrinsic System
(Contact with abnormal surface)



C : Coagulation factors

Factor	Other names commonly used
I	Fibrinogen
II	Prothrombin
III	Thromboplastin (tissue factor)
IV	Calcium ions
V	Labile factor
VI	Not found
VII	stable factor
VIII	Antihaemophilic globulin (AHG)
IX	Christmas factor
X	Stuart-prower factor
XI	Thromboplastine (plasma factor)
XII	Hageman factor
XIII	fibrin-stabilising factor

Prothrombin → Thromboplastine (III) Ca^{++} (IV) → Thrombin

Thrombin → Fibrinogen (I) → Fibrin (XIII)

B : Extrinsic System
(Tissue damage)

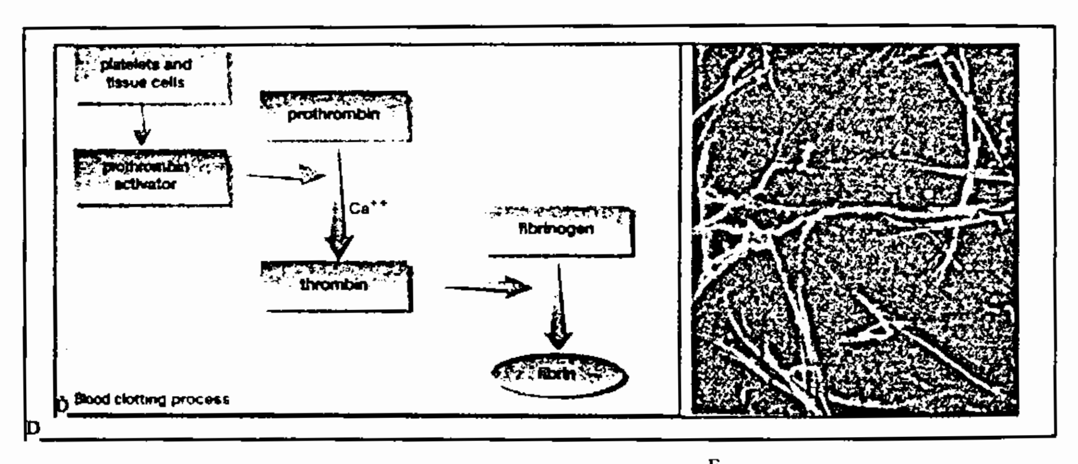
شكل رقم (14-5)

كيفية تجلط الدم

A: الجهاز الخارجي B: الجهاز الداخلي

C: عوامل التخثر





E
D : عملية التخثر   E : دم متخثر

شكل رقم (5 - 14)

مضادات التجلط Anticoagulant

وهي مواد تعمل على منع تجلط الدم عند استعمالها وتعد ذات اهمية كبيرة ومنها :

1- الهيبارين Heparin : ويستعمل في علاج الخثرة الدموية Thrombosis عن طريق الحقن ويعمل على تحفيز عمل مضاد الثرومبين.

2- وارفرين Warfarin ويستعمل في الوقاية من الخثرة الدموية عن طريق الفم.

3- سترات الصوديوم Sodium citrate : ويستعمل عند جمع الدم لغرض نقله من شخص لآخر ويعمل على ازالة الكالسيوم من المزيج.

4- EDTA : ويستعمل في المختبرات لمنع تخثر عينات الدم عن طريق ارتباطه بالكالسيوم.

5- الفلوايد والاكزالات Fluoride & Oxalate : وتستعمل للتحليلات الكيميائية الحيوية وليس نقل الدم وتعمل على ترسيب الكالسيوم.

دورة الدم في الجنين Fetal Circulation

* لا يتنفس الجنين ولا يأكل حتى الشهر التاسع من العمر ولكن خلايا جسمه يجب أن تجهز بالطعام والأوكسجين.

* يتغذى ويتنفس الجنين من دم الأم بواسطة جهاز خاص قبل الولادة وكذلك يمكنه أن يلفظ المواد الابرازية عن طريق هذا الجهاز.

* ليس هناك اتصال مباشر بين الأوعية الدموية للأم والجنين ولكن هناك اتصال غير مباشر بواسطة المشيمة Placenta التي تتكون في رحم الأم وتستخدم أثناء فترة الحمل.

* ينتشر الأوكسجين والمواد الغذائية من الأوعية الشعرية الدموية في الرحم إلى الأوعية الشعرة الدموية في المشيمة وتصل إلى الجنين خلال الحبل السري Umbilical vein الذي يعطي بعض الفروع إلى الكبد ثم يرتبط بالوريد الأجوف السفلي بواسطة القناة الوريدية Ducts Venosus.

* يفتح الوريد الأجوف السفلي بعد ذلك في القلب الذي يبعث الدم إلى مختلف انحاء الجسم عند النبض.

* يأخذ الجنين الأوكسجين والمواد الغذائية من الدم ويلفظ اليه CO_2.

* يترك الدم غير المؤكسج جسم الجنين خلال زوج من الشرايين السرية Umbilical ar-teries الذي يدخل جسم الجنين عند منطقة السرة Umbilicus or Navel (شكل رقم 5 - 15).

* تعرف الشرايين السرية ضمن جسم الجنين بالشرايين الخثلية Hypogastric Arteries وتعرف امتداداتها من السرة إلى المشيمة بالشرايين السرية.

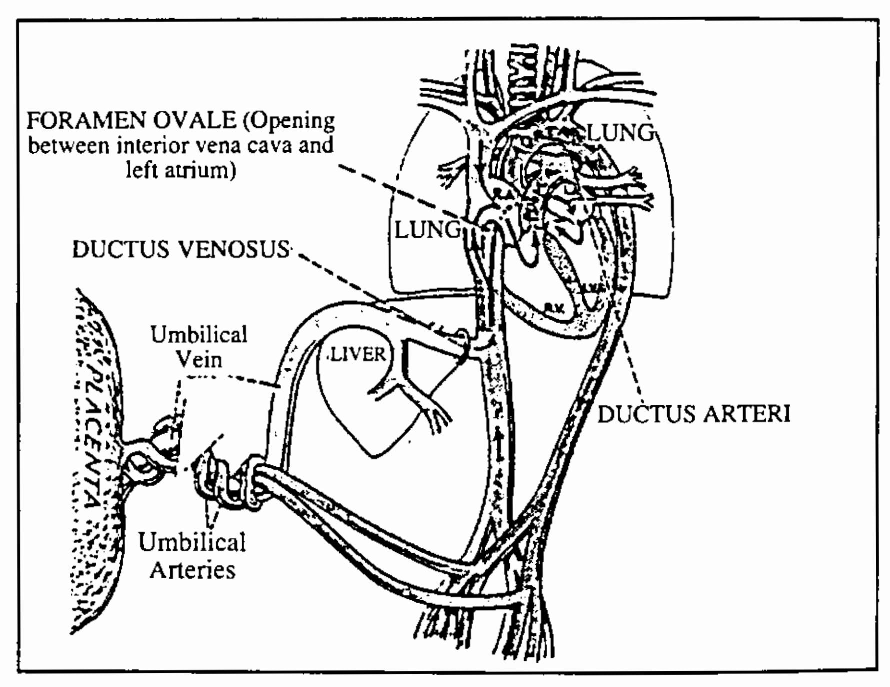
* يمر الوريد السري Umbilical vein خلال الحبل السري من منطقة المشيمة إلى منطقة السرة.

* عند دخول هذا الوريد إلى جسم الجنين يمر إلى السطح الأسفل للكبد ليرتبط مع الوريد البابي Portalvein.

* ينتقل الدم في الوريد السري إلى الوريد البابي ومنه إلى الكبد.

* ليس للكبد المقدرة على تحمل الدم الوارد اليه من الوريد البابي والوريد السري لذلك فلا بد من دفع كمية من الدم إلى وعاء آخر وهكذا تنشأ قناة قصيرة تعرف بالقناة الوريدية Ductus Venosus التي تنقل الدم إلى الوريد الأجوف السفلي Inferior vena cava.





شكل رقم (5 - 15)

مخطط يبين دوران الدم في الجنين.

عند دخول الدم إلى الوريد الأجوف السفلي ينتقل إلى الأذين الأيمن حيث يختلط مع الدم العائد بواسطة الوريد الأجوف العلوي Superior vena cava وبعدها ينتقل الخليط إلى الأذين الأيسر خلال الفتحة البيضية Foramen Oval الواقعة في الجزء الذي يفصل بين الأذينين اضافة إلى أن كمية ضئيلة من الدم يمر إلى البطين الأيسر.

عند انقباض البطين الأيسر يندفع الدم إلى الشريان الأبهر ومن ثم إلى جميع أنحاء الجسم بواسطة فروعه ما عدا الرئتين.

كذلك يمر الدم إلى الأذين الأيمن من خلال الوريد الأجوف العلوي ومنه إلى البطين الأيمن.

عند انقباض البطين الأيمن يندفع الدم إلى الشريان الرئوي ثم إلى الأبهر خلال وعاء صغير ونحيف يعرف بالقناة الشريانية Ducts Arteriosus ويذهب قسم منه إلى الشرايين السرية Umbilical arteries حيث ينتقل إلى المشيمة.



* أن جسم الجنين يصنع دمه بنفسه ويتحرك هذا الدم إلى المشيمة بواسطة الشرايين السرية حيث يحدث التبادل الغازي فيفقد CO_2 ويأخذ O_2 والمواد الغذائية ويعود إلى الجنين مرة أخرى بواسطة الوريد السري.

* يتبين مما تقدم :

* أن كمية من الدم تنتقل بواسطة الوريد السري إلى الكبد.

* وكمية اخرى كبيرة تستمر حتى تصل إلى الوريد الأجوف الأسفل بواسطة القناة الوريدية D.V حيث تصل بعد ذلك إلى الأذين الأيمن.

* وبسبب وجود الفتحة البيضية F. O يندفع معظم الدم إلى الأذين الأيسر عبرها من دون أن يمر إلى الشريان الرئوي.

* لذلك فإن دم الجنين هو خليط من دم مؤكسج وآخر غير مؤكسج حيث أن قسما من الدم الذي يندفع إلى الرئتين ينتقل إلى الأبهر عبر القناة الشريانية D. A.

أما عند ولادة الطفل :

فإنه يحتاج إلى كمية أكبر من الأوكسجين لخلايا الجسم. لذا تحصل تغيرات لفصل الدم المؤكسج عن الدم غير المؤكسج وهي :

1- قطع الحبل السري وشده يوقف الشريانان السريان والوريد السري عن العمل حيث يصبح الجزء المتبقي من الوريد السري بعد الأسبوع الأول من الولادة رباطا دائرياً بينما يتحول بقايا الشريانان إلى نسيج ليفي.

2- تنغلق القناة الوريدية وتصبح رباطا وريديا للكبد.

3- تنغلق الفتحة البيضية عادة خلال ثلاثة أشهر ويبقى أثرها على شكل انخفاض في الحاجز بين الأذينين يعرف بالحفرة البيضية Fossa Ovalis.

4- تنغلق القناة الشريانية وتتحول إلى نسيج ليفي. عند عدم إنغلاق الفتحة البيضية والقناة الشريانية تحدث حالات مرضية وهي :



أ -عدم إنغلاق الفتحة البيضية (بين الأذينين الأيمن والأيسر).

يصبح الطفل بعد الولادة ازرق اللون Blue baby لأن الدم المؤكسج يختلط مع الدم غير المؤكسج وعند ركض الطفل يتعب لأنه لا يحصل على كمية كافية من O_2.

ب - عدم إنغلاق القناة الشريانية (بين الشريان الرئوي والأبهر).

* عند توسع الرئتين بعد الولادة (بعد أن كانت متقلصة أثناء الأدوار الجنينية) فإن الضغط يقل في الشريان الأبهر نتيجة انفتاح الشريان الرئوي لذا فليس هناك ضرورة للقناة الشريانية.

* عدم انغلاق القناة يؤدي إلى موت الطفل لقلة ورود الأوكسجين إلى الخلايا لأن الدم الذي يذهب إلى الشريان الرئوي من الشريان الأبهر يؤدي ذلك إلى :

1- احتقان الرئتين نتيجة زيادة الضغط عليها.

2- تضخم البطين الأيمن نتيجة الإجهاد وزيادة المقاومة التي يلاقيها اندفاع الدم.

الجهاز اللمفاوي Lymphatic System

* يتألف المحيط الداخلي للجسم الذي تسبح فيه الخلايا من الدم والسائل النسيجي أو ما يعرف باللمف Lymph. (شكل رقم 5 - 16).

* يعمل اللمف كحلقة وصل بين الدم وخلايا الجسم حيث تتم خلاله عملية تبادل المواد بين الدم والأنسجة.

* يتكون اللمف عند مرور مواد خاصة من البلازما خلال جدران الأوعية الدموية إلى مناطق الأنسجة خلال عملية تعرف بالرشح Transudation.

* يتكون اللمف بعد تكونه في أوعية خاصة تكون الجهاز اللمفاوي الذي يعمل على ايصال اللمف إلى الدم وينشأ الجهاز في الأصل من أوعية شعرية لمفاوية Lymph capillaries مغلقة النهايات ينتشر بين الأنسجة بنفس انتشار الأوعية الشعرية الدموية.



* أن جسم الجنين يصنع دمه بنفسه ويتحرك هذا الدم إلى المشيمة بواسطة الشرايين السرية حيث يحدث التبادل الغازي فيفقد CO_2 ويأخذ O_2 والمواد الغذائية ويعود إلى الجنين مرة أخرى بواسطة الوريد السري.

* يتبين مما تقدم :

* أن كمية من الدم تنتقل بواسطة الوريد السري إلى الكبد.

* وكمية اخرى كبيرة تستمر حتى تصل إلى الوريد الأجوف الأسفل بواسطة القناة الوريدية D.V حيث تصل بعد ذلك إلى الأذين الأيمن.

* وبسبب وجود الفتحة البيضية F. O يندفع معظم الدم إلى الأذين الأيسر عبرها من دون أن يمر إلى الشريان الرئوي.

* لذلك فإن دم الجنين هو خليط من دم مؤكسج وآخر غير مؤكسج حيث أن قسما من الدم الذي يندفع إلى الرئتين ينتقل إلى الأبهر عبر القناة الشريانية D. A.

❋ أما عند ولادة الطفل :

فإنه يحتاج إلى كمية أكبر من الأوكسجين لخلايا الجسم. لذا تحصل تغيرات لفصل الدم المؤكسج عن الدم غير المؤكسج وهي :

1- قطع الحبل السري وشده يوقف الشريانان السريان والوريد السري عن العمل حيث يصبح الجزء المتبقي من الوريد السري بعد الأسبوع الأول من الولادة رباطا دائرياً بينما يتحول بقايا الشريانان إلى نسيج ليفي.

2- تنغلق القناة الوريدية وتصبح رباطا وريديا للكبد.

3- تنغلق الفتحة البيضية عادة خلال ثلاثة أشهر ويبقى أثرها على شكل انخفاض في الحاجز بين الأذينين يعرف بالحفرة البيضية Fossa Ovalis.

4- تنغلق القناة الشريانية وتتحول إلى نسيج ليفي. عند عدم إنغلاق الفتحة البيضية والقناة الشريانية تحدث حالات مرضية وهي :



أ -عدم إنغلاق الفتحة البيضية (بين الأذينين الأيمن والأيسر).

يصبح الطفل بعد الولادة ازرق اللون Blue baby لأن الدم المؤكسج يختلط مع الدم غير المؤكسج وعند ركض الطفل يتعب لأنه لا يحصل على كمية كافية من O_2.

ب - عدم إنغلاق القناة الشريانية (بين الشريان الرئوي والأبهر).

* عند توسع الرئتين بعد الولادة (بعد أن كانت متقلصة أثناء الأدوار الجنينية) فإن الضغط يقل في الشريان الأبهر نتيجة انفتاح الشريان الرئوي لذا فليس هناك ضرورة للقناة الشريانية.

* عدم انغلاق القناة يؤدي إلى موت الطفل لقلة ورود الأوكسجين إلى الخلايا لأن الدم الذي يذهب إلى الشريان الرئوي من الشريان الأبهر يؤدي ذلك إلى :

1- احتقان الرئتين نتيجة زيادة الضغط عليها.

2- تضخم البطين الأيمن نتيجة الإجهاد وزيادة المقاومة التي يلاقيها اندفاع الدم.

الجهاز اللمفاوي Lymphatic System

* يتألف المحيط الداخلي للجسم الذي تسبح فيه الخلايا من الدم والسائل النسيجي أو ما يعرف باللمف Lymph. (شكل رقم 5 - 16).

* يعمل اللمف كحلقة وصل بين الدم وخلايا الجسم حيث تتم خلاله عملية تبادل المواد بين الدم والأنسجة.

* يتكون اللمف عند مرور مواد خاصة من البلازما خلال جدران الأوعية الدموية إلى مناطق الأنسجة خلال عملية تعرف بالرشح Transudation.

* يتكون اللمف بعد تكونه في أوعية خاصة تكون الجهاز اللمفاوي الذي يعمل على ايصال اللمف إلى الدم وينشأ الجهاز في الأصل من أوعية شعرية لمفاوية Lymph capillaries مغلقة النهايات ينتشر بين الأنسجة بنفس انتشار الأوعية الشعرية الدموية.

شكل رقم (5 - 16)

الاوعية اللمفاوية في الإنسان

* تستمر الأوعية الشعرية اللمفاوية بالكبر إلى أن تكون بمجموعها القناة اللمفاوية الصدرية اليسرى واليمنى Right & Left Thoracic Duct.



تفتح القناة اللمفاوية اليسرى (الكبرى) في منطقة إتصال الوريد العنقي الأيسر والوريد تحت الترقوي الأيسر.

أما القناة اللمفاوية اليمنى فتفتح في منطقة اتصال الوريد العنقي الأيمن بالوريد تحت الترقوي الأيمن.

* تتغلغل الأوعية اللمفاوية خلال الأنسجة كما في الأوردة والشرايين.

* تختلف الأوعية اللمفاوية عن الأوعية الأخرى بارتباطها مع بعضها لتشكيل ما يعرف بالضفائر اضافة إلى دخولها في تراكيب عقدية تعرف بالغدد أو العقد اللمفاوية.

العقد أو الغدد اللمفاوية Lymph glands or nodes

* وهي تراكيب بيضوية الشكل أو تشبه حبة الفاصولياء.

* تتألف من تجمعات الأنسجة اللمفاوية وتحتوي على انخفاض جانبي يعرف بالسرة hilus، يمر خلالها شريان ويخرج وريد اضافة إلى عدد من الأوعية اللمفاوية الصادرة Efferent Lymphatics.

* تحاط العقد بنسيج ليفي يمتد إلى داخلها بشكل فروع مترابطة مع بعضها تعرف بالحواجز Trabeculae تقسم العقدة إلى جيوب لمفاوية Lymph Sinuses تكون مليئة بكتل من نسيج لمفاوي تعرف بالجريبات اللمفية Lymph Follicles حيث تكون مادة الجريبات منطقة لالتقاء اللمف بالدم.

* يدخل اللمف العقد اللمفاوية خلال الأوعية اللمفاوية الواردة Afferent Lymphatics التي تخترق العقد منتشرة في القسم المحدب منها.

* يحتوي اللمف على خلايا الدم البيض التي يكون معظمها من نوع اللمفوسايت Lym-phocyte التي تتكون من مادة الجريبات اللمفية حيث يترك اللمف العقد عن طريق الأوعية اللمفية الصادرة.

* يختلف حجم العقد عن بعضها حيث يتراوح من حجم رأس الدبوس إلى حجم حبة الفاصولياء.



* تنطمر العقد في النسيج الرابط ويكون بعضها قرب سطح الجسم الخارجي تحت الجلد والاخر في مناطق عميقة وترافق الأوعية الدموية الكبرى.
* توجد العقد عادة على شكل سلاسل من2 - 12 أو قد تكون منفردة.(لاحظ شكل رقم5-16)
* تقع العقد اللمفاوية على السطح الظهري للرأس والعنق وتحت الفك الأسفل وحول العضلات القصبية وفي البلعوم. وتوجد مجموعات كبيرة منها تحت الإبط وتحت عضلات الصدر. ويحوي الصدر على مجموعة كبيرة يقع بعضها في جدار الصدر والآخر مع القلب والرئتين والغدة الزعترية والمريء والقصبة الهوائية، كما يوجد عدد كبير في المنطقة الأربية Groin(منطقة اتصال الفخذ بالجذع).

من العقد :

* عقد عنقية Cervical nodes.
* عقد إبطية Axillary nodes.
* عقد صدرية Pectoral nodes.
* عقد بطنية Abdominal nodes.
* عقد اربية وحوضية Inguinal & pelvic nodes.
* عقد قابضية Popliteal nodes (تقع خلف الركبة Behind knee)

تعتبر العقد اللمفاوية مهمة لغرض الدفاع عن الجسم ضد الأجسام مثل البكتيريا وغيرها.

الأوعية اللمفاوية Lymph Vessels

* يبدأ الجهاز اللمفاوي بالأوعية الشعرية اللمفاوية Lymph Capillaries وهي تراكيب مجهرية يتألف من طبقة واحدة من الخلايا الاندوثيلية.
* تقع الأوعية الشعرية اللمفاوية في النسيج بين الخلايا في جميع أنحاء الجسم.
* يترك اللمف الفسح بين الخلايا منتقلاً إلى أوعية أكبر وأكبر.
* تمتاز الأوعية الشعرية اللمفاوية بنهاياتها المغلقة.



* كما أن الأوعية اللمفاوية الكبيرة تماثل الأوردة بخصوص امتلاكها للصمامات.

* يتكون من اتحاد الأوعية اللمفية قناتان لمفيتان.

القناة اللمفية اليسرى :

يتجمع فيها اللمف من جميع أنحاء الجسم عدا النصف الأيمن فوق الحجاب الحاجز حيث تتجمع في القناة اللمفية اليمنى.

للقناة اللمفية اليسرى انتفاخ فوق مستوى الغدة القطنية الأولى يعرف بالصهريج الكايلوس Chyli cisterna يتسلم اللمف من عدة اوعية كبيرة تجلبه من الأطراف السفلى والبطن والحوض.

تفتح كل من القناتين الصدريتين في منطقة اتحاد الوريد العنقي الداخلي والوريد تحت الترقوي.

بعض التراكيب اللمفاوية (شكل رقم 5 - 17)

1 - اللوز Tonsils

وهي ثلاثة أزواج من التراكيب اللمفاوية. تساعد على منع دخول البكتيريا إلى الممرات التنفسية العليا والقناة الهضمية وهي :

أ- **اللوز البلعومية** Adenoids or Pharyngeal Tonsils.

وتقع في الجدار الخلفي للبلعوم الأنفي nasopharyngeal وتكون بارزة في الأطفال.

ب- **اللوز اللهاتية** Palatine Tonsils.

وتقع داخل الجدار الجانبي الخلفي للبلعوم Throat خلف الفم.

جـ- **اللوز اللسانية** Lingual Tonsils :

وتقع على القسم الخلفي من اللسان. ويمكن علاج التهاب اللوز Tonsilitis بواسطة المضادات الحيوية Antibiotics ولا يفضل ازالتها بواسطة العمليات الجراحية إلا في الحالات الضرورية.

شكل رقم (5 - 17)

بعض التراكيب اللمفاوية في جسم الإنسان

2 - الطحال Spleen

ويبلغ وزنه حوالي 200 غم في الإنسان. يقع أسفل الحجاب الحاجز تماما في القسم الأعلى الأيسر للتجويف البطني خلف المعدة وأعلى الكلية. ويضم الكثير من الفسح (الجيوب) الدموية Sinusoid. وتدخل الأوعية الدموية المختلفة وتخرج من الطحال مقعرة تعرف السرة Hilum. وتتجمع في الطحال الكريات الحمراء المتهدمة حيث يتم تحطيمها والتهامها بواسطة الخلايا المتلهمة Phagocytic cells.

يعتبر الطحال مستودع لتجهيز الأعضاء بالدم. ويقوم الطحال بتكوين الأجسام المضادة Antibodies وكذلك يقوم بتوليد مادة ظهر أنها تحفز تكوين الخلايا في نخاع العظم.



في الأدوار الجنينية يقوم الطحال بتكوين الكريات الدموية الحمر والبيض والتي لا يظهر أنها ضرورية عند البلوغ.

3 - الغدة الزعترية Thymus

تقع عند السطح البطني لقاعدة القلب في اعلى الصدر حيث تلامس شغاف القلب وقرب مقدمة الرئتين وتحت عظم القص Sternum وتتكون من فصين. وتكون كبيرة الحجم عند البلوغ (حيث تصل إلى أكبر حجم) ويصل وزنها عندها 10 - 20 غرام. وتفرز في أدوار الطفولة هرمونات خاصة هي الثايموسين Thymosin واللمفوبويتين Lymphopoietin يساعد على تحويل الخلايا اللمفاوية إلى خلايا بلازمية تولد الأجسام المضادة Ab التي تهاجم المواد الغريبة وكذلك تنظم نشاط الخلايا اللمفاوية. وتقوم الغدة بصنع الأجسام المضادة قبل الولادة أما بعد البلوغ فانها تضمحل حتى تختفي في الأعمار المتقدمة وتتحول إلى أنسجة دهنية.



6

الفصل السادس

فسيولوجيا التنفس

Physiology of Respiration

فسيولوجيا التنفس Physiology of Respiration

* بمعناه الواسع هو التبادل الغازي بين الكائن الحي والمحيط الخارجي (يتميز بأخذ الأوكسجين وطرح ثاني اوكسيد الكربون).
* الحيوانات الصغيرة : تأخذ O_2 من المحيط الخارجي عن طريق سطح الجسم بعملية الإنتشار وتطرح CO_2 بنفس الطريقة.
* الحيوانات الكبيرة : تحتاج إلى جهاز للتنفس وآخر للدوران لضمان التبادل الغازي.

التنفس الخارجي : External Respiration

عملية التبادل الغازي بين الدم والمحيط الخارجي (الهواء أو الماء).

التنفس الداخلي Internal Respiration

عملية التبادل الغازي بين الدم وخلايا الجسم.

التنفس الخلوي : Cell Respiration

* ما يحدث داخل الخلايا من تحرر الطاقة من المواد الغذائية.

المحيط الغازي :

تبلغ نسبة غاز الأوكسجين في الهواء عند مستوى سطح البحر حوالي 21%. لكن كمية O_2 تتناقص كلما ارتفعنا عن سطح البحر بسبب تناقص الضغط الجوي. لذا فإن النسبة المئوية لا تعبر عن وفرة الغاز بصورة صحيحة. ويعتبر الضغط الجزيئي (Partial Pressure) هو المعبر الصحيح .

الضغط الجزيئي = نسبة الغاز في الهواء × الضغط الكلي للهواء (الضغط الجوي).

فمثلاً عند سطح البحر درجة الصفر المئوي يبلغ :

الضغط الجزيئي لـ O_2 = 0.21×760 = 160 ملم زئبق .

أما على قمة جبل إيفرست فيبلغ :

الضغط الجزيئي لـ O_2 = 0.21×220 = 45 ملم زئبق.

لذا فإن الحياة معدومة على قمم الجبال لأن كمية الأوكسجين غير كافية لتنفس الحيوانات والنباتات.

أما العوامل المؤثرة على توفر الاوكسجين فهي :

1- الارتفاع عن سطح البحر.

2- درجة الحرارة : الهواءالساخن يحتوي على كمية أقل من O_2 (مهم في المحيط المائي)

3- درجة الملوحة : تنخفض كمية O_2 بارتفاع الملوحة (المياه العذبة تحتوي كمية أكبر من O_2 المذاب).

الحياة في أعالي الجبال :

* الانسان المتأقلم يستطيع أن يعيش على ارتفاع 17 ألف قدم تقريباً.

* الانسان العادي تتدهور صحته على ارتفاع 9 آلاف قدم تقريباً (السبب قلة الأوكسجين).

* وجد أن الضغط الجزيئي لـ O_2 الضروري لتحميل الهيموغلوبين بكمية كافية من O_2 هو 80 ملم زئبق وهذا يعادل ارتفاع 17 ألف قدم. يسبب الوجود على ارتفاعات عالية ما يأتي:

1- نقص الأوكسجين Anoxia.

2- زيادة التهوية Hyperventilation تسبب فقدان كمية كبيرة من CO_2 وارتفاع الاس الهيدروجيني pH للدم.

3- سرعة النبض وعمقه Tachycardia (نشاط في الدورة الدموية حيث تزداد كمية الدم المار في الرئتين).

4- الزرقة Cyanosis.

5- الإعياء والأرق.

☆ العيش على ارتفعات شاهقة جداً تسبب :

* الخدر والسكر والهستيريا.

* فقدان الذاكرة

* الغثيان.

* القيء ثم الموت.



☆ **الاستجابات الأخرى الطويلة الأمد.**

* زيادة حجم القفص الصدري.

* زيادة عدد الكريات الدموية الحمر R. B. C نتيجة لتقلص الطحال وزيادة الكريات بواسطة نخاع العظام حيث يرتفع عدد الكريات إلى 8 ملايين على ارتفاع 18 ألف قدم مقارنة بـ 5 ملايين عند مستوى البحر.

الحياة تحت سطح الماء :

* في الحيوانات الصغيرة : تعيش بسهولة وتتنفس عن طريق الجلد الغني بالأوعية الدموية والاكتفاء بكمية قليلة من الـ O_2 وتحصل عليها عن طريق الانتشار البسيط عن طريق سطح الجسم.

* في الحيوانات الكبيرة : الانتشار عن طريق الجلد غير ممكن لوجود الغشاء الكايتيني الذي يعرقل عملية الانتشار.

* في الفقريات : يعتمد على خزن الأوكسجين والاقتصاد به وبعض التبدلات الفسيولوجية مثل:

* بطء النبض (Bradycardia) مع اقتصار الدوران على الأنسجة الحيوية مثل الدماغ وعضلات القلب.

* وجود كمية من الـ Myoglobin في العضلات يمكنها خزن الأوكسجين (مثل التمساح).



جهاز التنفس Respiratory Apparatu

ويتكون ممايأتي (شكل رقم 6 - 1) :

1- المرات التنفسية Respiratory passages وتشمل :

أ- التجويف الأنفي Nasal Cavity.

ب- البلعوم Pharynx (وهو المر العام لجهازي التنفس والهضم).

جـ- الحنجرة Larynx.

د- القصبة الهوائية (الرغامي) Trachea.

هـ- القصبات الهوائية Bronchi والقصيبات الدقيقة Bronchioles.

2- الرئتين Lungs.

3- الصدر والأغشية الجنبية Thorax & Pleural sacs.

4- العضلات التنفسية Respiration Muscle التي تزيد وتقلل من سعة الصدر.

5- الأعصاب الداخلة (الواردة) والخارجة (الصادرة) afferent & efferent nerves .

أما الصدر Thorax فيتكون من :

1- الأضلاع Ribs.

2- عظم القص sternum.

3- الفقرات Vertebrae .

العضلات التنفسية Respiratory muscles وتتكون من :

1- عضلات بين الأضلاع Intercostal muscle .

2- الحجاب الحاجز Diaphragm.

1- المرات التنفسية Respiratory passages

أ- التجويف الأنفي Nasal cavity وهو عبارة عن زوج من المرات المبطنة.



* يبطنه غشاء مخاطي رطب وكثير الأوعية وتحتوي على غدد ومهدب (لقنص الغبار).

* يعمل التجويف الانفي على إضافة الرطوبة ويدفىء الهواء المستنشق.

* يحتوي الأنف أيضاً على مستلمات لحاسة الشم. ولتجاويف الانف دور في إخراج بعض الأصوات.

شكل رقم (6 - 1)

جهاز التنفس في الإنسان



* يفرز الأنف حوالي ربع غالون من المخاط يومياً.

* تفتح في الأنف الجيوب التالية والتي تعرف بالجيوب الأنفية وهي :

1- الجيوب الوتدية Sphenoidal sinuses وتقع قرب القرينات العليا.

2- الجيوب المصفوفية الخلفية Posterior ethmoidal sinuses وتقع تحت القرينات العليا.

3- الجيوب الجبهوية Frontal sinuses.

4- الجيوب الفكية Maxellary sinuses.

5- الجيوب المصفوفية الأمامية Anterior ethmoidal sinuses.

وتقع الجيوب الثلاثة الأخيرة تحت القرينات الوسطى.

ب- البلعوم pharyn

* تركيب أنبوبي يبدأ خلف التجاويف الأنفية وينتهي عند المريء.

* وهو ممر دائم لجهازي الهضم والتنفس، ويربط الأنف والفهم ببقية الممرات التنفسية والهضمية.

وللبلعوم ثلاث أقسام :

1- البلعوم الأنفي Nasopharynx ويقع خلف التجويف الأنفي ويستمر معه.

2- البلعوم الفمي Cropharynx ويقع خلف فراغ الفم.

3- البلعوم الحنجري Laryngeopharynx ويقع خلف الحنجرة أو صندوق الصوت ولا توجد حدود فاصلة بين الأجزاء الثلاثة للبلعوم.

يتصل البلعوم بسبع فتحات وهي :

* زوج من فتحات أوستاكي (يمنى ويسرى) Eustachian.

* زوح من الفتحات المنخرية الداخلية Internal nares.

* زوج من الفتحات تربطان الحنجرة والمريء بالبلعوم.

* وفتحة واحدة تربط الفم بالبلعوم Fauces.

* ويرتبط بالبلعوم ثلاث أزواج من اللوز Tonsils سبق أن تكلمنا عنها وهي اللوز البلعومية، واللوز اللهاتية، واللوز اللسانية.

* وتعمل هذه الأعضاء اللمفاوية كمرشحات للأحياء المجهرية الضارة.

جـ- الحنجرة Larynx

* هي تكوين يشبه الصمام العضلي الغضروفي Musculo-cartiloginous valves وتعمل على منع مرور المواد الغذائية إلى الممرات التنفسية.

* تعمل كعضو للنطق Phonation وكذلك لتنظيم كمية الهواء الداخل والخارج من الرئتين.

* وتكون الحبال الصوتية vocal cords والغضروف الارتينويدي أو الهرمي Artenoid cartilage من الجهتين حدود فتحة المزمار Glottis الذي عند تقلصه يمنع دخول الهواء للممرات التنفسية والمحروس بواسطة غضروف لسان المزمار Epiglottis.

د- القصبة الهوائية Trachea :

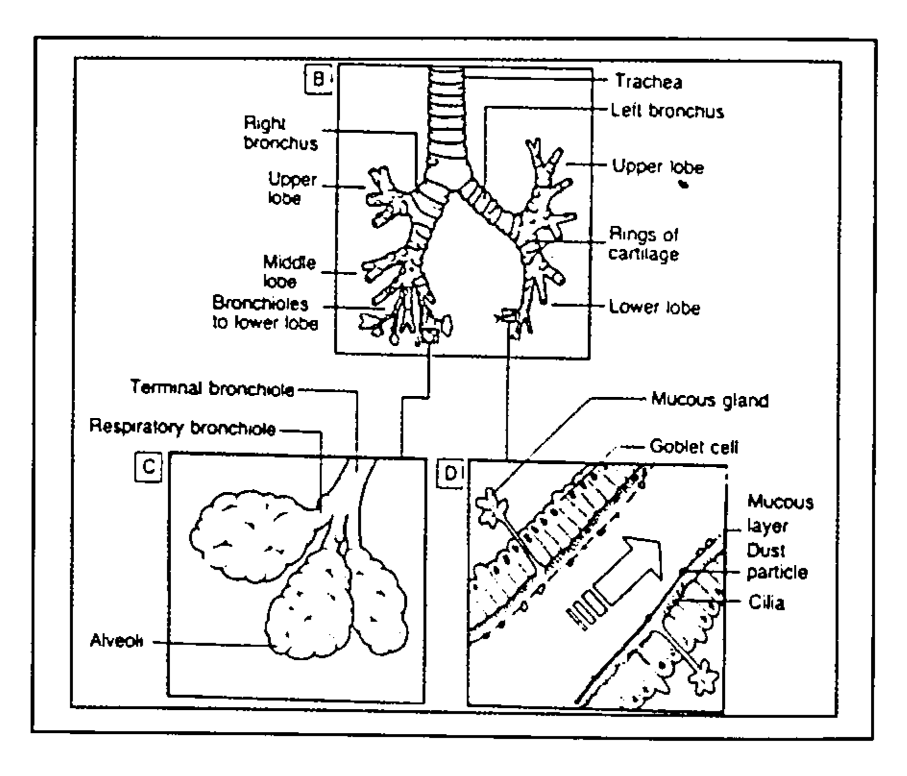
* تكون مفتوحة دائماً بواسطة حلقات غير متكاملة من الغضاريف في جدرانها.

* يحتوي غشائها المخاطي على غدد وخلاياها تكون مهدبة ciliated.

* إن إفرازات الغدد والدهون تمنع دخول الأجسام الغريبة والغبار إلى الرئتين.

* أما القصيبات Bronchi فتشبه القصبة الهوائية من حيث التركيب وتتفرع منها وتتشعب إلى قصيبات دقيقة Bronchioles (شكل رقم 6 - 2).





شكل رقم (6 - 2)

القصبة الهوائية وتفرعاتها من القصبات والقصيبات الدقيقة داخل فصوص الرئتين.

2- الرئتين Lungs

كيسين مطاطيين غشائيين. يتصل داخلهما مع الهواء الخارجي بواسطة المرات التنفسية. وتحتوي كل رئة على عدد كبير من الحويصلات الهوائية alveoli أو الأسناخ. تتفرع القنوات الحويصلية alveolar ducts من القصيبات Bronchi. ويتكون جدار الحويصلة alveolus من طبقة واحدة من الخلايا لذلك فمن خلال هذا الجدار ومن خلال جدار الشعيرات الدموية Blood capillary يتم التبادل الغازي بين الهواء الخارجي والدم. وتكون الرئتين صغيرة نسبة إلى التجويف الصدري Thoracic cavity الذي تحتله. وتتمدد الرئتين بواسطة الضغط الجوي من الأمام anterior لذلك فإنها تملأ الصدر.



3- التجويف الصدري

* ويحتوي في داخله على الرئتين والقلب ومكوناته من الأوعية الدموية.

* يحده من الأعلى الرقبة والاضلاع Ribs & neck.

* ويحده من الجوانب عضلات ما بين الأضلاع والأضلاع .Ribs & Intercostal M.

* ويحده من الخلف الفقرات والأضلاع Vertebrate &Ribs .

* ويحده من الأمام عظم القص والأضلاع Sternum & Ribs .

* ويحده من الأسفل الحجاب الحاجز Diaphragm.

* لا يتصل التجويف الصدري بالخارج مطلقاً ويفصله عن التجويف البطني الحجاب الحاجز.

* يبطنه غشائين مصليين serous يكونان التجويف الجنبي Pleural cavity يفصل بينهما سائل.

* تمتد هذه الأغشية لتنعكس على الرئتين Reflected on lungs.

* إن زيادة السائل داخل التجويف الجنبي هو حالة مرضية تسمى ذات الجنب Pleurisy أو التهاب الجنب Hydrothorax.

* ويكون الضغط داخل التجويف الجنبي سالب Negative.

* كما يكون الضغط داخل التجويف الصدري سالب Negative ويسمى Intrathoracic pressure.

التهوية Ventilation

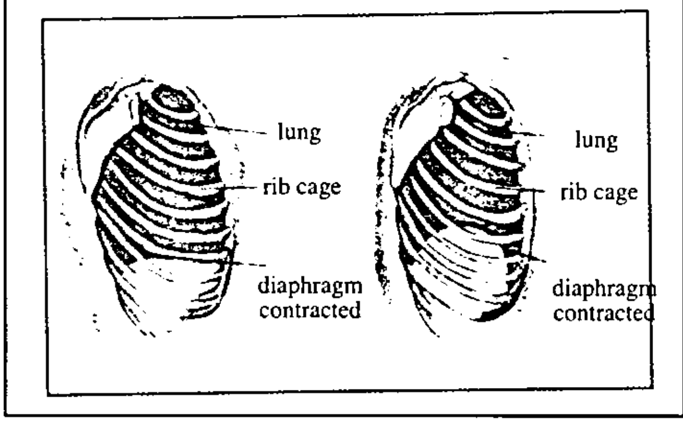
* يقصد بها تجدد هواء الحويصلات الهوائية بعمليتي الشهيق والزفير.

عملية الشهيق Inspiration

* هي عملية ايجابية يصرف فيها جهد من قبل العضلات التنفسية وهي العضلات ما بين الأضلاع Intercostal muscles والحجاب الحاجز Diaphragm وعضلات البطن.

* نتيجة لتقلص عضلات ما بين الأضلاع Intercostal muscle تأخذ الأضلاع وضعاً أفقياً بعد ان كانت مائلة إلى الأسفل قليلاً وتتقدم نهاياتها إلى الأمام وهذا يؤدي إلى توسع القفص الصدري.

* تتقلص عضلات الحجاب الحاجز ويتخذ الحجاب وضعاً مستوياً بعد ان كان محدباً إلى الأعلى (شكل رقم 6 - 3)
* يؤدي توسع القفص الصدري إلى إنخفاض الضغط في تجاويف الجنب Pleural cavities وإلى إنخفاض الضغط داخل الحويصلات فيدخل الهواء إلى الرئتين.



شكل رقم (6 - 3)
التهوية خلال عمليتي الشهيق والزفير

عملية الزفير Expiration

هي عملية سلبية تتم نتيجة لإرتخاء العضلات التنفسية ورجوع الأضلاع والحجاب الحاجز إلى وضعها الطبيعي حيث يقل حجم الصدر والرئتين وبالتالي يخرج الهواء من الرئتين.

حجوم الهواء وسعة الرئتين Respiratory volums & lung capacity

1- الحجم الموجي Tidal volume : حجم الهواء الذي يدخل الرئتين أو يخرج منها أثناء التنفس الاعتيادي عند الراحة (يبلغ 500 سم^3 في الإنسان)، (شكل رقم 6 - 4).

2- الحجم الشهيقي القصري Insp. Reserve volume : حجم الهواء الداخل إلى الرئتين باعمق شهيق مستطاع بعد شهيق اعتيادي (يبلغ 2500 - 3000 سم^3 في الإنسان).

3- الحجم الزفيري القصري Expi. Reserve volume : حجم الهواء الخارج باعمق زفير مستطاع بعد زفير اعتيادي (يبلغ في الإنسان 1500 سم^3).

* سعة الشهيق I. C = الحجم الموجي T. V + حجم الشهيق القصري I. R. V
= 2500 + 500 = 3000 سم^3.

* سعة الزفير E. C = T. V + E. R. V = 500 + 1500 = 2000 سم^3.



4- السعة الحيوية Vital capacity : حجم الهواء داخل إلى الرئتين والخارج منها باعمق شهيق مستطاع وأقوى زفير مستطاع (عند مزاولة الرياضة والأعمال الشاقة).

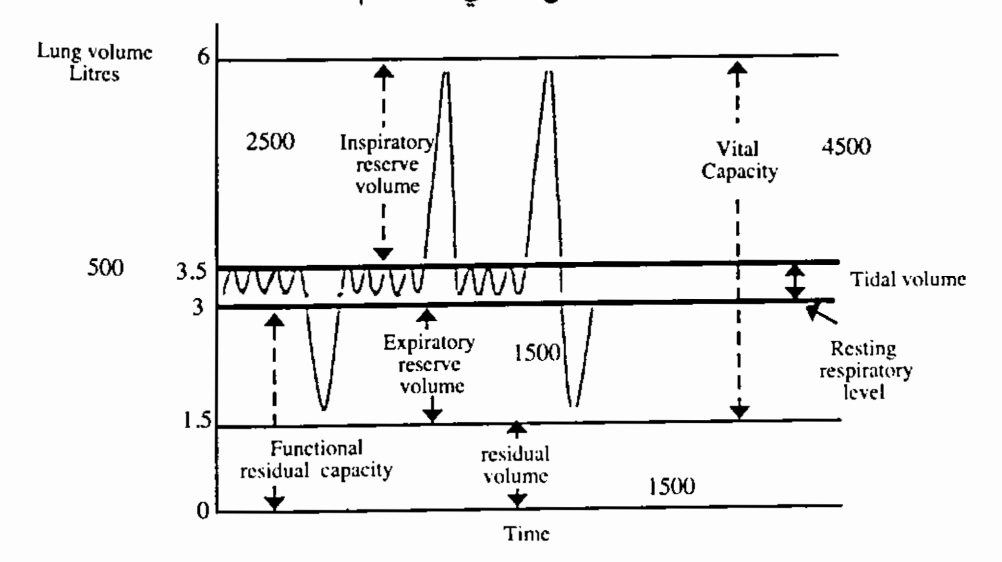
= T. V + I. R. V + E. R. V. (1500 + 2500 + 500) = 4500 في الإنسان.

5- الحجم المتبقي Residual volume : كمية الهواء المتبقي في الحويصلات حتى بعد اعمق زفير مستطاع (لا يمكن للرئتين أن تفرغ من الهواء بصورة كاملة). في الإنسان يساوي 1500 سم^3.

* إذن سعة الرئتين الكلية (Total lungs capacity) هو السعة الحيوية زائداً الحجم المتبقي.

* 4500 أو 5000 + 1500 = 6000 (أو 6500 سم^3).

* ان جزء من الهواء الداخل إلى الرئتين يصل إلى الحويصلات حيث يملىء القنوات التنفسية (كالمنخزين والقصبة الهوائية والقصيبات). ولأن جدران هذه القنوات غير متخصص فلا يحدث تبادل غازي فيها لذا فإن هذا الجزء من الهواء لا يشترك في تزويد الدم الأوكسجين ويدعى بالحيز الميت (Dead space) ويبلغ حوالي 150 سم^3.



شكل رقم (6 - 4)

مخطط يبين حجوم الهواء وسعة الرئتين.



* لذلك ففي التنفس العادي يتجدد فقط 350 سم^3 من الهواء ويتجدد أكثر عند الرياضة العنيفة.

التبادل الغازي في الرئتين وفي الأنسجة Gas exchange

* يعني طرق حصول الخلايا الحية على الأوكسجين وتخلصها من ثاني أوكسيد الكربون باستمرار.

* هناك نظريتين لتفسير التبادل الغازي وهي :

1- **النظرية الفيزيائية** Physical theory:

وذلك حسب التباين في ضغوط الغازات Gas prassures وتسمى ايضاً نظرية الإنتشار Diffusion Theory وهي النظرية المتبعة في تفسير هذه الظواهر حتى الآن.

2- **النظرية الإفرازية** Secretory Theory

ويدعي أصحاب هذه النظرية بأن خلايا بطانة الرئتين الطلائية Lung epithelium تفرز الاوكسجين من الحويصلات Alveoli إلى الدم في الأوعية الدموية الرئوية Blood of pulmonary capil. وهذه النظرية لم تؤكد لحد الآن.

* النظرية الفيزيائية :

∴ يبلغ ضغط PO_2 = 40 ملم زئبق.
∴ وضغط PCO_2 = 46 ملم زئبق } في الدم المار الى الرئتين بواسطة الوريد الرئوي Pulmonary vein.

* وبما أن ضغط PO_2 = 98 ملم زئبق وضغط PO_2 = 40 ملم زئبق في هواء الحويصلات.

∴ هناك زيادة في ضغط الاوكسجين من الهواء الى الدم.

∴ وزيادة في ضغط CO_2 من الدم الى الهواء.

لذلك ينتقل O_2 من الحويصلات إلى الدم وينتقل CO_2 من الدم إلى الحويصلات، بعملية الإنتشار البسيط Simple diffiusion. إن عملية الإنتشار هذه تكون سريعة لأن السطح الذي يحدث خلاله واسع جداً (شكل رقم 6 - 5).



systemic capillaries
superior vena cava
CO_2
O_2
pulmonary artery
lung
pulmonary vein
CO_2
left atrium
O_2
pulmonary capillaries
right atrium
right ventricle
aorta
left ventricle
tissue cells
inferior vena cava
capillaries
systemic capillaries
CO_2
O_2
plasma
alveolus
red blood cell
plasma
red blood cell

شكل رقم (6 - 5)

التبادل الغازي في الرئتين وفي الانسجة



أما في الأنسجة فيحدث العكس : حيث أن :

O_2 ينتقل من الدم إلى الأنسجة (لأنه في الدم أعلى).

CO_2 ينتقل من الأنسجة إلى الدم (لأنه في الأنسجة أعلى).

نقل الغازات بواسطة الدم Gases carried by the Blood

* إن مكونات هواء التنفس Composition of Respiratory Air

	N_2	CO_2	O_2
هواء الشهيق Inspired Air	79.01%	0.04%	20.95%
هواء الزفير Expired Air	79.60%	4.00%	16.40%

* نسبة النيتروجين N_2 تتضمن عناصر أخرى مثل hydrogen, zenone, neon, krypton, helinm, إلخ وهذه العناصر ليس لها أهمية فسيولوجية.

ومن الملاحظ إن الأكسجين الممتص يكون أكثر من ثاني أوكسيد الكربون المطروح وذلك لأن ليس كل الأكسجين يستعمل لأكسدة الكربون حيث يستعمل بعضه لأكسدة عناصر أخرى مثل الهيدروجين والكبريت (H_2 & sulfer). أما معامل التنفس فيساوي :

$$\text{Respiration quotient (R. Q)} = \frac{\text{Volume of } CO_2 \text{ expired}}{\text{Volume of } O_2 \text{ inspired}}$$

معامل التنفس

$$R.\,Q = \frac{CO_2}{O_2} = \frac{3.96}{4.55} = 0.87$$

* إن من أهم وظائف الدم نقل O_2 و CO_2 بين الأعضاء التنفسية والأنسجة.

* لقد تكيف الدم لهذه الوظيفة باحتوائه على الكريات الحمر(R. B. C2) المملوءة بالهيموغلوبين Haemoglobin السريع الإتحاد بغاز الأكسجين مكوناً الهيموغلوبين المؤكسج Oxyhaemoglobin.

*جزيئة الهيموغلوبين تتكون من جزء بروتيني وجزء لا بروتيني haeme.

* يتألف الـ haeme من أربع من حلقات بايرول pyrole rings يوجد في وسطها الحديد في حالة حديدوز.



* ودماء الحيوانات مختلفة الكفاءة في نقل O_2 و CO_2 واكثرها كفاءة هي الفقريات.

* ولا يحتوي الدم إلا على كمية قليلة جداً من N_2 بالرغم من تألّيف هذا الغاز نسبة عالية من الهواء وذلك لعدم حاجة الأنسجة إليه وعدم تكيف الدم لنقله.

* كما ان قابلية ذوبان هذا الغاز في الدم واطئة.

* وغاز النيتروجين N_2 غاز خامل Inert gas وتكون كميته متشابهة في دم الشرايين والأوردة ولا يستعمل بواسطة الأنسجة.

نقل ثاني أكسيد الكربون في الدم :

* إن كمية CO_2 في الدم أعلى من كمية O_2.

كمية CO_2 53 سم^3/ 100 سم^3 في الدم الوريدي.

و 48 سم^3/ 100 سم^3 في الدم الشرياني.

وهذا يعني أن كل 100 سم^3 من الدم يفقد عند مروره في الرئتين ويكتسب عند مروره في الأنسجة 5 سم^3 من CO_2 (شكل رقم 6 - 6).

* أما ضغط CO_2 : في الدم الشرياني فهو 40 ملم زئبق، وفي الدم الوريدي 46 ملم زئبق.

ويوجد CO_2 في الدم بأربعة أشكال :

1- ذائب في الدم بنسبة 4% من الكمية الكلية.

2- متحد مع الماء مكوناً حمض الكاربونيك H_2CO_3 بنسبة 1% من الكمية الكلية.

3- على شكل بيكاربونات HCO_3 بنسبة 65% من الكمية الكلية.

وهذه تنتج من تأين H_2CO_3

$$H_2CO_3 \longrightarrow HCO_3^- + H^+$$

4- متحد مع الـ Hb وبروتينات الدم الأخرى بنسبة 30%.

يتحد CO_2 مع amino grop $(-NH_2)$ ويدعى المركب الناتج بالـ(كاربامين)

$$HHb - NH_2 + CO_2 \rightleftarrows HHb - NHCOOH$$

(Cabamino Hb) أو (Carbamin).

* إن معظم CO_2 ينتقل في الدم على شكل HCO_3 الناتج من اتحاد CO_2 مع الماء H_2O وتكوين H_2CO_3 تم تحلل H_2CO_3 إلى HCO_3^- طبقاً للمعادلة :

$$CO_2 + H_2O \xrightarrow[\text{Carbonic Anhydrase}]{\text{إتحاد}} H_2CO_3 \xrightarrow{\text{تحلل}} HCO_3^- + H^+$$

OXYGEN
diffuses ouf of PLASMA
CARBON DIOXIDE
diffuses in to PLASMA Where O_2 tension is lower.
O_2 in SOLUTION
RED BLOOD CELL
diffusion
in solution
CO_2 + H_2O
CO_2 + H_2O
moglobin it is attached chiefly to potassium.
Carbonic anhydrase
H_2CO_3
Oxygenaced Hb
$KHbO_2$ +
H_2CO_3
H^+ + HCO_3^-
HCO_3^- H^+ + Na Proteinate
Reduced Hb HHb ← { O_2 Hb H^+ } + $KHCO_3$ → { HCO_3^- , K^+ }
diffuses from high to low concentration
HCO_3^- Na^+ → H_2CO_3+ H Proteinate
Chloride shift
[Cl^- ← - - - Cl^-]
exchanges to maintain ionic balance
The bulk of CO2 carried is combined with base as
BICARBONATE
HHb CO_2 (HHbNHCOOH)
CO_2
CO_2
A small amount of CO_2 carried by blood combines with a free amino group of Hb molecule to form
CARBAMINO COMPOUND

شكل رقم (6 - 6)

نقل ثاني اوكسيد الكربون في الدم.

* إن اتحاد H_2O+ CO_2 عملية بطيئة جداً إلا إذا توفر إنزيم خاص هو Carbonic An hy-drase وهذا الإنزيم معدوم في المصل ولكنه يوجد بكميات كافية في الكريات الحمر (R. B. C) لذلك فإن هذه التفاعلات تتم داخل الكريات.



* وينتج عن التفاعل أيونات الهيدروجين H^+ التي تزال من الدم بواسطة Hb على شكل HHb أو تطرح بواسطة الكلية The kidney.

* لو بقيت أيونات H^+ في الدم فإنها تسبب الحموضة الدموية Acedaemia.

ومن الملاحظ أن :

* بروتينات الدم ملازمة بصورة رئيسية للصوديوم (Na^+).

* وبروتين كريات الدم الحمر الهيموغلوبين Hb ملازم بصورة رئيسية للبوتاسيوم (K^+).



نقل الأكسجين بواسطة الدم :

* يحمل الـ O_2 في الدم باتحاده بسهولة مع الهيموغلوبين مكوناً الـ Oxyhaemoglobin

$$Hb + O_2 \rightleftarrows HbO_2$$

* إن هذا الاتحاد راجع وسريع حيث يستطيع الـ Hb أن يتحد مع O_2 في الرئتين بنفس السهولة التي يستطيع فيها التحلل منه في الأنسجة (شكل رقم 6 - 7).
* يوجد الـ O_2 بشكلين في الدم (شكل مختزل Hb وشكل مؤكسج HbO_2) وتعتمد نسبة الشكلين على كمية O_2 المتوفرة.
* عند تعريض الدم لمدة كافية إلى الهواء ليتشبع بـ O_2 فإن : 98% تتحد مع Hb و 2% تبقى ذائبة في المصل plasma.
* ويحتوي الدم المشبع بـ O_2 على 20 سم^3 من O_2 في كل 100سم^3 من الدم.
* تعتمد نسبة Hb المتحد مع الـ O_2 على الضغط الجزئي للـO_2 المعرض له الدم.
* العلاقة بين HbO_2 وضغط O_2 طردية.
* يتضح من هنا أن : درجة تشبع Hb الخارج من الرئتين 96% لأنه في توازن مع هواء الحويصلات الذي يبلغ ضغط الـ O_2 فيه 98 ملم زئبق.
* درجة تشبع Hb القادم من الأنسجة 70% لأن ضغط O_2 في الدم الوريدي هو 40 ملم زئبق.
* أما من حيث الحجوم فإنه :
* يبلغ مقدار الـ O_2 20 سم^3/ 100 سم^3 في الدم الشرياني.
* ويبلغ مقدار الـ O_2 15 سم^3 / 100 سم^3 في الدم الوريدي.
* إذن كل 100 سم^3 من الدم يفقد عند مروره في الأنسجة ويكتسب عند مروره في الرئتين 5 سم^3 من O_2 (عند الراحة)، وتزداد النسبة عند القيام بمجهود.





OXYGEN
diffuses in to
PLASMA Where O_2 tension is lower
O_2 in SOLUTION

CARBON DIOXIDE
diffuses out of
PLASMA Where O_2 tension is higher.

RED BLOOD CELL
CO_2 + H_2O → CO_2 + H_2O
Carbonic anhydrase
H_2CO_3
HCO_3^- H^+ + Na Proteinate
$NaHCO_3$ + H Proteinate
Oxygenaced Haemoglobin
H_2CO_3
$KHbO_2$ + H^+ + HCO_3^-
Reduced Hb
HHb ← { O_2 Hb H^+ } + $KHCO_3$ ← { HCO_3^- K^+ }
HCO_3^- ← diffuses from high to low concentration – HCO_3^- Na^+
[Cl^- - - - → Cl^-]
Chloride shift
HHb CO_2 CO_2
CO_2 From CARBAMINO COMPOUND

شكل رقم (6 - 7)

نقل الاوكسجين في الدم.

Regulation of Respiration تنظيم التنفس

ينظم التنفس بطريقتين :

1- السيطرة العصبية Nervous Control.

2- تنظيم كيميائي Chemical regulation.

1- السيطرة العصبية للحركات التنفسية Nervous Control of Respiratory Movements

* الحركات التنفسية الطبيعية تكون لا إرادية Involuntary



* تنقل الحركات أوتوماتيكيا على شكل سيالات عصبية Nervous impulses من مراكز السيطرة في المخ Centers in the brain.

* المراكز العصبية الشهيقية والزفيرية Inspiratory or Expiratory Centers تقع على جهتي النخاع المستطيل Medulla oblongata (شكل رقم 6 - 8).

Nerve Cells in the INSPIRATORY CENTRES send out streams of impulses which travel down to the ANTERIOR HORN CELLS of the SPINAL CORD and are relayed from CERVICAL SEGMENTS 3 4 5

by the PHRENIC NERVES to the DIAPHRAGM and from THORACIC SEGMENTS 3 4 5 6

by the INTERCOSTAL NERVES to the INTERCOSTAL MUSCLES

THESE NERVE IMPULSES CAUSE THE MUSCLES OF inspiration TO CONTRACT

PNEUMOTAXIC CENTRES appear to receive impulese from the INSPIRATORY CENTRES and relay messages to excite the EXPIRATORY CENTRES which then send impulses to INHIBIT or interrupt the activity of the INSPIRATORY CENTRES

PONS

MEDULLA

Inspiratory Centres withdraw their impulses

The muscles of INSPIRATION relax

Expiration follows passively

DIAPHRAGM

SPINAL CORD

شكل رقم (6 - 8)

السيطرة العصبية على الحركات التنفسية.



عملية الشهيق Inspiration

مجموعة من الخلايا العصبية من المراكز الشهيقية (Insp. C) على جهتي النخاع المستطيل Medulla oblongata.

هذه الخلايا ترسل مجموعة من الذبذبات Steam of impulses أسفل النخاع الشوكي Spinal cord إلى القطع العنقية Cervical segments رقم 3 ,4 ,5 بواسطة أعصاب الفرنك Phrenic إلى الحجاب الحاجز. ومن القطع الصدرية Thoracic segments رقم 4, 5, 6, 3 بواسطة أعصاب ما بين الأضلاع Intercostal nerves إلى عضلات ما بين الأضلاع Intercostal muscles.

هذه الذبذبات العصبية تجعل عضلات الشهيق تتقلص Contract وبذلك يكبر حجم القفص الصدري فيدخل الهواء إلى الرئتين.

عملية الزفير Expiration

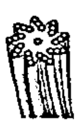
* خلال عملية الشهيق تستلم المراكز التنفسية الحركية Pneumotaxic centers في القنطرة Pons ذبذبات من المراكز الشهيقية. هذه الذبذبات تزداد إلى أقصاها بازدياد التنفس. تجهز مراكز التنفس الحركية بوسائل لتهيج المراكز الزفيرية Exp. Cs في أعلى النخاع المستطيل Medulla oblongata.

بالمقابل فإنها ترسل جملة ذبذبات عصبية لتثبيط أو تقليل نشاط المراكز الشهيقية.

هكذا فإن المراكز الشهيقية (Insp.C) تسحب ذبذباتها وبذلك تجعل عضلات الشهيق تتمد (relax) ويضيق القفص الصدري ويخرج الهواء من الرئتين إلى الخارج.

☆ ملاحظة :

إن المراكز العصبية المختلفة متصلة داخل الخلايا Interconnected لذلك فإن حركات الصدر من الجانبين تكون متناسقة co-ordinated.



التنظيم الكيميائي للتنفس Chemical Regulation of Respiration

أ- التأثيرات المباشرة على المراكز التنفسية:

Direct effects on the Respiratory Centers

* إن نشاط المراكز التنفسية يتأثر بكيميائية ودرجة حرارة الدم المار به.

والعامل المهم هو CO_2 في الدم :

* زيادة CO_2 او زيادة الحموضة acidity تحفز stimulates الخلايا العصبية في المراكز التنفسية وبذلك يزداد عمق depth ومعدل rate التنفس.

* نقصان CO_2 في الدم يخمل depresses المراكز التنفسية وبذلك يتم التنفس السطحي.

اما تاثير الحرارة فيكون بالشكل التالي :

* زيادة حرارة الدم تسرع ولكن لا تعمق التنفس.

* انخفاض الحرارة يبطيء Slow معدل التنفس.

واعتيادياً : التنفس يتأثر قليلاً بالتغيير الجزئي لكمية الأكسجين في الدم لكن :

* النقصان الحاد sever lack يخمل derpresses المراكز العصبية.

* النقصان الحاد جداً very sever lack يوقف التنفس respiration ceases

ب- التأثير غير المباشر بواسطة الانعكاسات الكيميائية:

Indirect effect by means of chemo-reflexes

* تتحفز المستقبلات الكيميائية Chemoreceptors الموجودة في الجسم السباتي carotid body (الموجود بين الشريان السباتي carotid Artery) والجسم الأبهري Aortic body (الموجود في قوس الأبهر Arch of the Aorta) بوساطة قلة الأكسجين lack of O_2.

* هذا التأثير يصاحبه زيادة في كمية CO_2 في الدم.

* إن هذا التحفيز يرسل ذبذبات إلى الأعصاب القحفية Cranial nerves رقم 10,9 ثم إلى المراكز العصبية الشهيقية Respiratory Centers.

* هذه الذبذبات العصبية تذهب إلى العضلات وتعطي :

* إنعكاس يحفز التنفس Reflex stimulation of respiration

* زيادة CO_2 فقط بدون نقصان O_2 لها تأثير بسيط جداً على المستقبلات الكيميائية.

أما العوامل المؤثرة على المستقبلات الكيميائية فهي :

* قلة الأكسجين O_2.

* زيادة CO_2.

* قلة الحموضة pH.

الإنعكاسات العصبية الإضافية التي تسيطر على التنفس.

Additional nervous reflexes

1- الإنعكاسات التنفسية من السباتي Carotid والأبهر Aorta عند تحفيزها بواسطة زيادة ضغط الدم تنتج انعكاسات مثبطة للتنفس.

2- الإنعكاسات التنفسية الوقائية protective:

* تحفيز بطانة الحنجرة larynx mucous يسبب يثبط الشهيق ويقوي الزفير فتنتج ما يعرف بالسعال coughing.

* تحفيز بطانة الأنف يسبب العطاس sneezing.

* جميع هذه الإنعكاسات توقي الممرات التنفسية والرئتين من دخول الشوائب الضارة مثل الغازات المهيجة وجزيئات الطعام.

3- التمارين العضلية Muscular exercise

أ - يؤدي الإجهاد إلى زيادة معدل وعمق التنفس Hyperpnea.

ب - وزيادة التهوية الرئوية Pulmonary ventilation

جـ - زيادة التحفيزات الكيميائية للمرات التنفسية (نتيجة لزيادة الأيض الناتج من الإجهاد العضلي).



السيطرة الإرادية على التنفس Voluntary Control of respiration

التنفس الإعتيادي يكون لا إرادي involuntary لكن من المكن زيادة التنفس أو إيقافه أو إبطائه إرادياً. ذلك لأن المراكز التنفسية تحت سيطرة المراكز العصبية العليا في المخ.

الإختناق Asphyxia

من المكن إحداثه بواسطة أي شيء يمنع دخول وخروج الهواء الإعتيادي بواسطة غلق المرات التنفسية أو بجعل الفرد يتنفس هواء الزفير suffocation. ويكون الاختناق على ثلاثة مراحل :

1- تنفس مبالغ فيه (hyperpnea ثم dyspnea)

2- تشنجات convulsions

3- إنهاك وتعب exhusion or collaps.

بعض الإصطلاحات التنفسية some respiratory terms

Eupnea : تنفس اعتيادي هادي.

Normal quite brearthing

Hyperpena : زيادة معدل أو عمق التنفس.

Breathings in which rate & or depth are increased

Polypnea : سرعة وسطحية التنفس.

Rapid & shallow breathing

Apnea : توقف مؤقت للتنفس.

Temperory stopping of breathing

Dyspnea التنفس بصعوبة Hard breathing.

التنفس البطني Abdominal breathing:

هو حركة البطن الظاهرية أثناء الشهيق.



التنفس الصدري Costal breathins هو حركة الأضلاع أثناء التنفس.

ملاحظة:

إن هذه الحركات في التنفس هي غير اعتيادية حيث نشاهدها عند الإصابة بالأمراض مثل إلتهاب الأمعاء Enteritis والتهاب الخلب Peritonitis.

طرق تسجيل الحركات التنفسية والحجوم.

هناك عدد من الأجهزة المصممة لهذا الغرض ولكنها جميعاً تقيس معدل أو تردد Rate or frequency والسعة أو القوة amplitude or force. وهي:

1- البنيموجراف Pneumograph: ويتكون من زمبرك ملفوف متحرك موضوع في أنبوب مطاطي ذو جدران ضيقة يربط حول الصدر وهو متصل بمسجل. عند الشهيق تزداد سعة الجهاز فيتحرك سطح الكتابة إلى الأسفل ويحدث العكس عند الزفير.

2- stethograph نفس السابق في عمله.

3- spirometer و respirometer أو gasometer وكلها تقيس الحجوم التنفسية.

7

الفصل السابع

فسيولوجيا الهضم

Physiology of Degestion



الهضم Digestion

ويقصد بالهضم نشاط القناة الهضمية وغددها لتحضير الغذاء لغرض الإمتصاص وكذلك طرح المواد الباقية غير الممتصة.

والهضم عبارة عن تحلل مائي Hydrolysis تفصم فيه أواصر كيميائية بإضافة الماء وبمعدل جزئية واحدة لكل آصرة: ويتم هذا التحلل بتأثير الأنزيمات الهضمية Digestive enzymes التي تفرزها الغدد الهضمية الواقعة في جدران القناة الهضمية Digestive tract أو غدد خارجية مثل البنكرياس والكبد والغدد اللعابية.

وتكون معظم الأغذية التي يتناولها الإنسان أو الحيوان بحالة غير ذائبة Insoluble، لذلك يجب تغييرها في القناة الهضمية إلى مواد ذائبة بسيطة لغرض الإمتصاص Absorption عبر الدم أو اللمف ثم نقلها إلى خلايا الجسم للإستفادة منها في تحرير الطاقة اللازمة للأفعال الحيوية.

وهناك عدد من العوامل المتعلقة بالهضم التي تشمل العوامل الميكانيكية مثل المضغ Mastication والبلع Swallowing والقلس Regurgitation والتقيؤ Vomiting وحركة الأمعاء إضافة إلى الإبرازDefecation. والعوامل الإفرازية مثل نشاط الغدد الهضمية ومنها الغدد اللعابية Salivary glands والبنكرياس Pancrease. والعوامل الكيميائية التي تشمل الأنزيمات التي تكونها القناة الهضمية وبعض الأنزيمات الموجودة في الغذاء نفسه إضافة إلى حامض الهيدروكلوريك HCl الذي تكونه الغدد المعدية Gastric glands. والعوامل الميكروبية الحيوية مثل الميكروبات التي تشمل البكتيريا (Microflora) والبروتوزوا (Microfauna). وتوجد هذه الأنواع من الميكروبات في الأمعاء الغليظة للإنسان والحيوانات غير المجتره وفي الكرشة في الحيوانات المجترة.

ولكي يعيش الإنسان والحيوان بصحة جيدة، يجب أن يحوي غذاؤه مزيجاً من العناصر الغذائية المهمة التي تشمل :-

1. البروتينات Proteins
2. الكاربوهيدرات Carbohydrates



3. الدهون Lipids

4. الفيتامينات Vitamins

5. الأملاح والعناصر النادرة Minerals and Trace elements

6. إضافة إلى الماء (أكسير الحياة).

ولا يحتاج الماء والفيتامينات والأملاح إلى هضم، لأنها تتألف من أيونات أو جزيئات صغيرة بإمكانها إجتياز الغشاء المخاطي mucous membrane المبطن للقناة الهضمية بسهولة لتصل إلى الدم وسوائل الجسم الأخرى حيث ينتقل بعد ذلك إلى خلايا وأنسجة الجسم المختلفة.

أما البروتينات والكاربوهيدرات والدهون فإنها ذات جزيئات كبيرة الحجم لا يمكن إمتصاصها، ولا يمكن الإستفادة منها حتى لو إمتص بعض منها حيث أن لها ردود فعل ضارة عند وصولها إلى الدم مثل تكوينها للحساسية Allergy . ولكل نوع من العناصر الغذائية المذكورة سابقاً فوائد مهمة للجسم قد يسبب نقصه الإصابة ببعض الأمراض.

الجهاز الهضمي : Digestive System

يتألف الجهاز الهضمي من قسمين رئيسين هما:

1. القناة الهضمية (Alimentary tract (Gut:

وهي القناة الداخلية في الجسم وتتكون من الفم والبلعوم والمريء والمعدة والأمعاء الدقيقة (وتشمل الإثني عشر والصائم واللفائفي) والأمعاء الغليظة والمستقيم ثم المخرج. وتكون المواد الغذائية في حالة حركة مستمرة في داخل القناة الهضمية لكي تضمن تماسها وإمتزاجها مع الإفرازات التي تكونها الغدد الهاضمة.

2. الغدد اللاحقة Accessory glands

وتشمل الغدد اللعابية والبنكرياس والكبد (شكل رقم 7-1)



شكل رقم (7-1) مخطط يبين أعضاء الجهاز الهضمي في الإنسان.

تناول الغذاء Food Prehension

ويقصد بذلك عملية إدخال الطعام إلى الفم التي تختلف بإختلاف نوع الحيوان. وتستعمل الأسنان لمضغ الطعام وتقطيعه وطحنه لتحويله إلى كتلة طرية بعد مزجه بصورة جيدة مع اللعاب الذي تفرزه الغدد اللعابية.

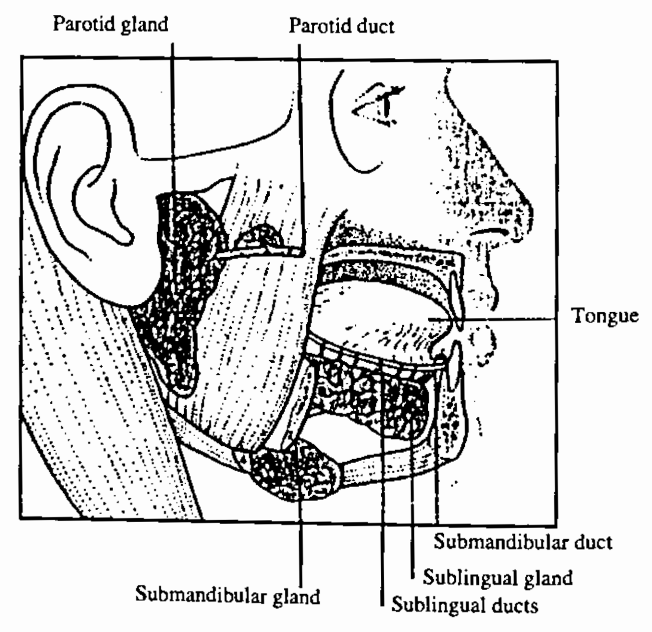


الغدد اللعابية: Salivary glands

وهي الغدد التي تفرز اللعاب وتشكل :

1. الغدد النكفية Parotid glands :

وهما زوج من الغدد التي تلتهب وتتضخم في حالة الإصابة بمرض النكاف (Mumps). ويقعان في أسفل الأذنين وتفتح قناتهما بالقرب من الطواحن العليا الثانية في الإنسان. ويتميز لعاب هذه الغدد بإحتوائه على كمية كبيرة من الماء وإفتقاره إلى أنزيم الأميليز (شكل رقم 7-2).



شكل رقم (7-2) : مخطط يبين توزيع الغدد اللعابية في الإنسان.

2. الغدد تحت الفكية Submandibular or Submaxillary glands :

وهما زوج من الغدد، ويفتحان أسفل اللسان.

3. الغدد تحت اللسانية Sublingual glands

وهما زوج من الغدد، ويفتحان بواسطة عدد من القنوات الدقيقة في الجزء الأمامي من قاع الفم.

وبالإضافة إلى الغدد اللعابية المذكورة هناك عدد من الغدد التي توجد في الغشاء المخاطي للفم.

أنواع الغدد اللعابية:

وتقسم الغدد اللعابية من حيث طبيعة الأنسجة التي تكونها ونوع الإفرازات التي تفرزها على ثلاثة أنواع هي:-

1. الغدد المصلية : Serous glands

وتتألف من أنسجة رابطة قوية وتكون إفرازات مائية وقيقة تحتوي على بروتينات ولا تحتوي على المخاط (Mucin).

2. الغدد المخاطية: Mucous glands

وتتألف من خلايا طلائية عمودية تحورت بعضها إلى خلايا غدية خالية من الأوعية الدموية والألياف العصبية وتكون إفرازات تحتوي على بروتين كربوهيدراتي مخاطي Glycoprotein mucin. ويعتقد أنها لا تفرز الأنزيمات.

3. الغدد المختلطة: Mixed glands

وتتألف من أنسجة وخلايا النوعين السابقين من الغدد إضافة إلى أنها تكون إفرازات تشمل مجموع إفراز النرعين.

وتتألف الغدد اللعابية من عدد كبير من وحدات إفرازية تدعى العنبات Acini(ومفردها عنبة Acinus). ولكل عنبة تجويف وسطي محاط بجدار مكون من صف واحد من الخلايا الطلائية. وتفصل العنبات بعضها عن بعض بوساطة أنسجة رابطة تمر خلالها الأوعية الدموية والأعصاب. وتتصل فجوة كل عنبة بقناة قصير نسبياً تتصل بقنوات مشابهة من عنبات أخرى لتكون القنوات الرئيسة التي تفتح في تجويف الفم.

مكونات اللعاب:

يتكون اللعاب من نسبة كبيرة من الماء تبلغ 99.5%. أما الـ0.5% الباقية فتكون المواد الصلبة المذابة في الماء التي تحتوي على مواد صلبة عضوية (أملاح عضوية) Organic Salts ومواد صلبة لا عضوية (أملاح لا عضوية) Inorganic salts.



وتشكل المواد الصلبة العضوية المواد البروتينية مثل المخاطين Mucin والمواد المخاطية الأخرى ووظيفتها تسهيل عملية البلع، والأنزيمات مثل التاليلين Ptyalin والمالتيز Maltase واللايبيز Lipase واللايسوزايم Lysozyme والكتليز Catalase وغيرها. وتشمل أيضاً المواد اللابروتينية مثل اليوريا Urea والكرياتين Creatine.

أما المواد الصلبة اللاعضوية فتشكل الأيونات السالبة مثل الكبريتات $SO_4^{=}$ والكلور Cl^- والكاربونات $Co_3^{=}$. والأيونات الموجبة مثل الصوديوم Na^+ والبوتاسيوم K^+ والكالسيوم Ca^{++} والمغنيسيوم Mg^{++}. ويشكل كلوريد الصوديوم الجزء الأعظم من هذه الأملاح.

وظائف اللعاب :

1- يربط الطعام ويسهل عملية المضغ. ويعمل المخاطين Mucin الموجود في اللعاب على تجميع جزيئات الطعام ليجعل منها كتلة أو لقمة يسهل إبتلاعها. ويسهل اللعاب أيضاً الكلام في الإنسان.

2- يساعد اللعاب على تحفيز الحلمات الذوقية Taste buds الموجود في اللسان بإذابة المواد الصلبة من الغذاء.

3- يحتوي اللعاب على أنزيم التايلين Ptyalin،الذي يساعد على التذوق إضافة إلى عملية هضم النشاء (Starch) وتحويله إلى مواد أبسط هي الدكسترين Dextrin والسكر الثنائي Maltose. ويستمر عمل أنزيم التايلين في داخل المعدة حوالي نصف ساعة حيث يثبط بعد ذلك بفعل حامض كلوريد الهايدروجين HCl.

4- إن وجود أنزيم اللايسوزايم Lysozyme في اللعاب يعطيه خاصية مظهره للفم Anti-septic.

5- يساعد اللعاب على تنظيم حرارة الجسم ولا سيما في الكلاب والقطط، حيث أن لعق الحيوان لجسمه ثم تبخر اللعاب يساعد على فقدان حرارة الجسم إضافة إلى فقدان الحرارة عن طريق اللهاث وتبخر اللعاب في اللسان.

6- للعاب أهمية كبيرة في بعض الحيوانات حيث يوفر وسطاً ملائماً لنمو بعض أنواع البكتيريا المفيدة كما في الحيوانات المجترة.

طرائق تحفيز إفراز اللعاب:

1. الطريقة الفيزيائية:

وتشمل النظر Sight أو الرائحة Odor أو حتى مجرد التفكير بالطعام التي تحفز الإفرازات اللعابية وتجعل الفرد يحس بالجوع. وتختلف طبيعة اللعاب المفرز بإختلاف طبيعة الحافز أو نوع الطعام. وتعمل الأعصاب المستقبلية الموجودة في المراكز النظرية أو الشمية على تحفيز المخ وخاصة المخيخ لإظهار المنعكس النفسي Psychic reflex. لقد وجد العالم بافلول Pavlov عند دراسته لطبيعة الإفراز النفسي في الكلاب. إن رؤية الكلب للحم الطري تؤدي إلى إفراز كميات كبيرة من اللعاب من الغدد تحت الفكية وتحت اللسانية وليس من الغدد النفكية. بينما تؤدي رؤية اللحوم المجففة أو الخبز المجفف إلى إفراز كميات من اللعاب من الغدد النكفية. ويسمى المنعكس النفسي أيضاً بالمنعكس المشروط Conditioned reflex وذلك لأن تكوينه وإستمراره يعتمد على طبيعة الظروف والحالات التي يحدث فيها وكذلك الإعتماد على خبرة الحيوان.

2. الطريقة الميكانيكية أو الكيميائية:

إن مجرد دخول الطعام إلى الفم يحفز إفراز كميات كبيرة من اللعاب ويسمى بالرغوة أو الزبد Froth وذلك نتيجة تحفيز المراكز اللعابية بوساطة عمل الطعام على المستقبلات الكيميائية Chemorceptors الموجود في الحلمات الذوقية الموجودة في اللسان. وهناك أربعة أنواع من المستقبلات الذوقية هي: الحامضية Acid، والحلوة Sweet، والمالحة Salt، والمرةBitter. وتنتقل هذه السيالات Impulses إلى مراكز اللعابية في النخاع المستطيل وبذلك ينتج التخفيز الإنعكاسي لإفراز اللعاب. كما يفرز اللعاب أحياناً بتحفيز المستقبلات في المناطق أخرى من الجسم مثل تهيج بطانة المعدة أو الاثنى عشر الذي يصاحب الإحساسات التي تسبق التقيؤ Vomition.

3. الطريقة العصبية:

تجهز الغدداللعابية نوعين من الأعصاب أحدهما ودية والآخر نظير الودية. وتعمل الألياف العصبية الودية على تقليص الأوعية الدموية للغدد وبذلك تقلل من كمية اللعاب المفرز. بينما



تعمل الألياف العصبية نظير الودية على توسيع الأوعية الدموية المجهزة للغدد وبذلك تزيد من كمية اللعاب المفرز. ويمكن تحفيز إفراز الغدد اللعابية بحقن الأستيل كولين Acetyl choline أو المواد المثبطة لعمل الأستيل كولين أستيريز مثل عقار الآيسرين Eserine. أما العقاقير المثبطة لعمل الأستيل كولين نفسه فإنها تعمل على منع إفراز اللعاب مثل عقار الأتروبين At-ropine لأنها تشل عمل الألياف العصبية الودية.

البلع Swallowing

تتم عملية بلع الطعام بثلاث مراحل هي :

1. **المرحلة الأولى أو مرحلة الفم** Buccal Stage

وتكون هذه المرحلة من البلع تحت السيطرة العصبية الإرادية حيث تتحرك اللقمة الممضوغة من الطعام إلى السطح العلوي للسان ثم تسحب إلى الخلف بواساطة عمل العضلات لتصل بعد ذلك إلى البلعوم pharynx الذي يحاط من الجهتين بعضلتين إثنتين.

2. **المرحلة الثانية أو مرحلة البلعوم** Pharyngeal stage

وتكون هذه المرحلة تحت السيطرة العصبية اللاإرادية حيث يعبر الطعام من خلال البلعوم نتيجة تقلص عضلاته التي تعصره وتدفعه بقوة إلى المريء Oesophagus.

إن إرتفاع الحنجرة Larynx إلى أعلى خلال هذه المرحلة يجعل فتحتها تحت اللسان المزمار Epigluttis وقاعدة اللسان وبذلك تمنع دخول الطعام إلى الممرات التنفسية.

أما عند حصول إختلال في توقيت دخول الطعام وحركة البلعوم فإن الطعام قد يدخل إلى الحنجرة وبذلك يتحفز الإنعكاس السعالي Coughing reflex .

ويحدث الشهيق قصير عند بداية المرحلة الأولى من البلع يتبعه تثبيط كامل لعملية التنفس حتى إنتهاء المرحلة الثانية من البلع.

3. **المرحلة الثالثة أو مرحلة المريء** Oesophageal stage

وتكون هذه المرحلة تحت السيطرة العصبية اللاإرادية أيضاً حيث يعبر الطعام أسفل المريء إلى المعدة. ويتحرك الطعام خلال المريء بواساطة الحركات التمعجية.وعند إقتراب

الطعام من المعدة ينفتح الصمام الفؤادي Cardiac sphincter ويدخل الطعام إلى المعدة.

الهضم في المعدة:

تتسلم المعدة الغذاء بعد البلع. وتؤثر في الغذاء في المعدة عدة عوامل حيث يحدث ما يعرف بالهضم المعدي Gastric digestion. تقسم الحيوانات بالنسبة لمكونات المعدة وعملها إلى مايأتي:

1-الحيوانات ذات المعدة البسيطة Simple stomach

وتشمل الإنسان وجميع الحيوانات الحقلية المسماة بالحيوانات غير المجترة Non-ruminants وتتكون المعدة في هذه الحيوانات من الحجرة واحدة One compartment.

2- الحيوانات ذات المعدة المعقدة Complex stomach

وتشمل جميع الحيوانات الأخرى المسماة بالحيوانات المجترة Ruminants، وتتكون المعدة في هذه الحيوانات من أربع حجرات Four compartments هي: الكرشة Rumen، والشبكة أو القلنسوة Riticulum، والقبة أو ذات التلافيف Omasum، والمنفحة أو المعدة الحقيقية Abomasum.

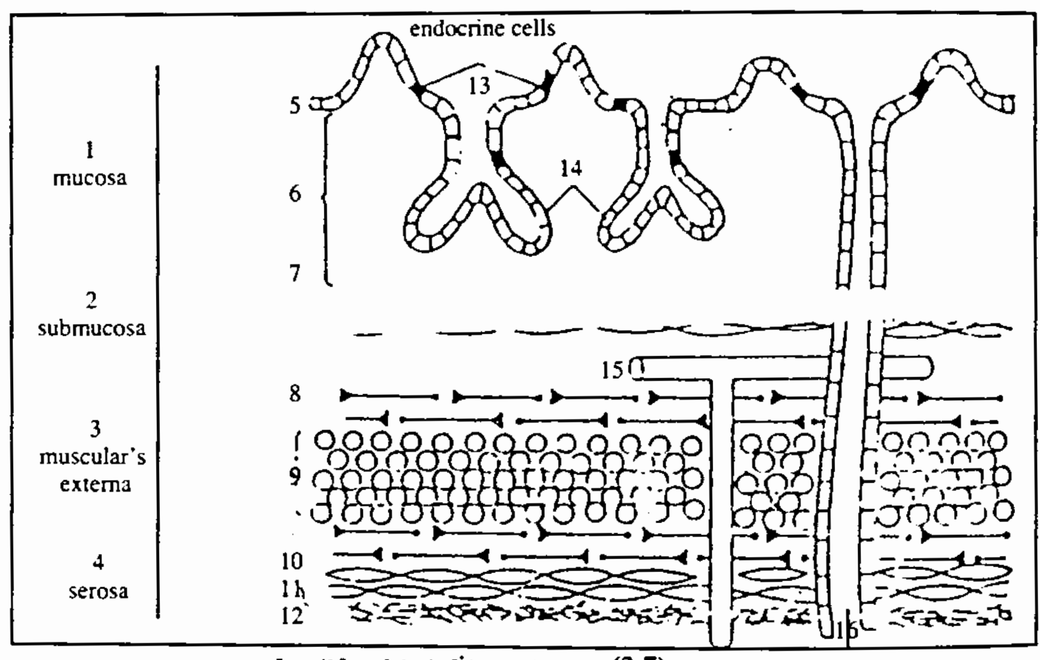
وظيفة المعدة البسيطة:

تعمل المعدة البسيطة بوصفها مخزناً للغذاء بعد البلع وتتميز بقابليتها على التوسع لإستيعاب الطعام، كما أنها تحتوي على عوامل مهمة تساعد في عملية هضم الطعام مثل الأنزيمات المهمة في إمتصاص فيتامين B_{12} وعوامل تكوين الدم Haematopoiesis إضافة إلى العصير المعدي Gastric juice. وتعمل جميع هذه العوامل مع ما هو موجود في الغذاء على تكوين عامل مضاد لفقر الدم Anti-anaemic factor.

مكونات المعدة البسيطة:

تتكون المعدة من أربعة أقسام رئيسة (شكل رقم 7-3) هي من الداخل إلى الخارج كما يأتي:





شكل رقم (7-3) : مخطط يبين الأقسام الرئيسية للمعدة.

1. الطبقة المخاطية
2. الطبقة تحت المخاطية
3. الطبقة العضلية
4. الطبقة المصلية
5. خلايا طلائية
6. انسجة رابطة
7. مخاطية عضلية
8. ضفيرة عصبية تحت مخاطية
9. عضلات دائرية أو حلقية
10. ضفيرة عصبية
11. عضلات طولي
12. انسجة رابطة
13. خلايا صمية الافراز
14. خلايا خارجية
15. اوعية دموية ولمفاوية رئيسة
16. قنوات من الغدد الخارجية

الطبقة المخاطية: Mucous coat

وتتألف من خلايا طلائية عمودية تحورت بعضها إلى خلايا غدية، وتكون خالية من الأوعية الدموية والأعصاب. وتحتوي على أنزيمات تشترك في عملية إمتصاص ونقل المواد بوساطة النقل الفعال.

2. الطبقة تحت المخاطية :Submucous coat

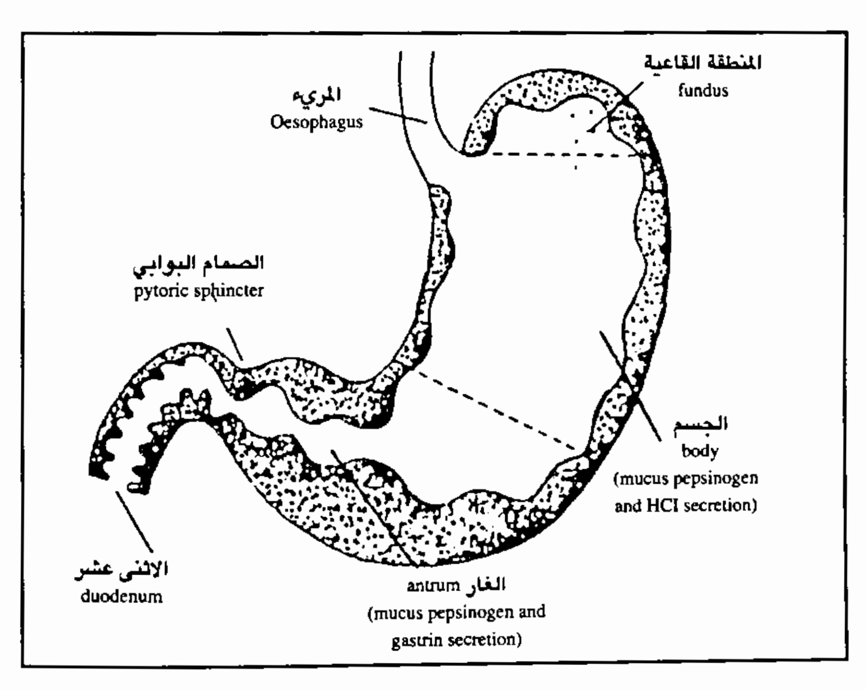
وتتألف من ألياف رابطة وأوعية دموية ووظيفتها إسناد الطبقة المخاطية.

3. الطبقة العضلية: Muscular coat

وتتألف من ألياف ملساء مرتبة بصورة طولية إلى الداخل وبصورة حلقية إلى الخارج ووظيفتها دفع الطعام عن طريق التقلص.

4. الطبقة المصلية : Serous coat

وتتألف من أنسجه رابطة قوية وهي جزء من الخلب Peritoneum وفيها أعصاب ودية وأعصاب نظيرة الودية. وتتكون الطبقة المخاطية من عدة مناطق هي (شكل رقم 7-4):



شكل رقم (7-4)
مناطق المعدة البسيطة المختلفة

1. المنطقة الفؤادية Cardiac Zone:وتحتل الجزء الفؤادي أو القلبي من المعدة.

2.المنطقة القاعية Fundic Zone:وتسمى أيضاً بالمنطقة الجسمية Body Zoneوتحتل جسم المعدة.

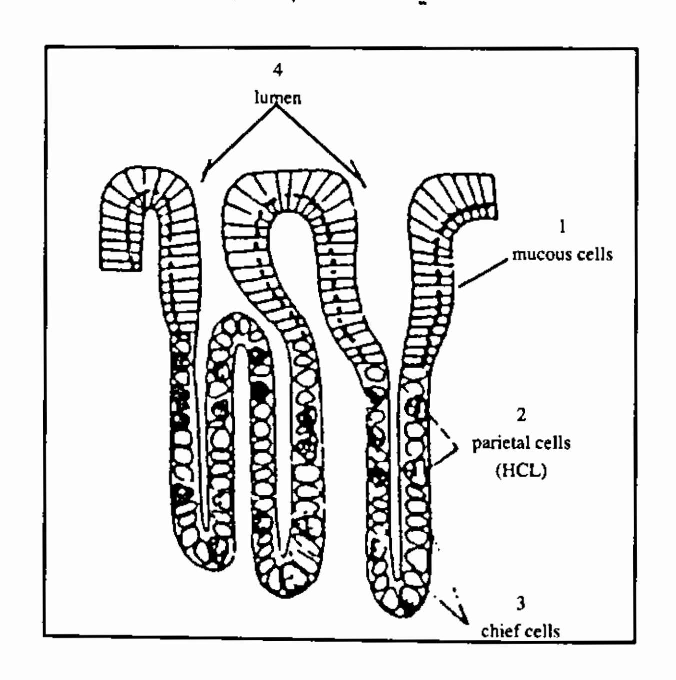
3. المنطقة البوابية Pyloric Zone:وتتصل بالإثني عشر Deudenum عن طريق البواب Py-lorus.

الغدد المعدية: Gastric glands: توجد الغدد المعدية في الغشاء المخاطي المبطن للمعدة وتفتح قنواتها في حفر على سطحه بعدة فتحات وتشمل هذه الغدد:-



1. الغدد الفؤادية Cardiac glands: وتحتل المنطقة الفؤادية من المعدة وتتكون من غدد مخاطية إفرازية Mucous-secreting glands

2. الغدد القاعية Fundic glands: وتحتل المنطقة القاعية أو الجسمية من المعدة . وتتكون من ثلاثة أنواع من الخلايا الغدية المهمة وهي (شكل رقم 7-5):



شكل رقم (7-5)

انواع الخلايا الغدية للمعدة

1. خلايا مخاطية 2.خلايا جدارية 3.خلايا رئيسية 4.تجويف

أ- خلايا جسمية رئيسة Body chief cells وتفرز الأنزيمات.

ب- خلايا مخاطية عنقية Mucous neck cells وتفرز المخاط.

ج- خلايا جدارية أو حامضية Parietal or Oxyntic cells وتفرز حامض كلوريد الهيدروجين HCl.

3. الغدد البوابية Pyloric glands: وتحتل المنطقة البوابية من المعدة وتتكون إفرازاتها من المخاط وكميات قليلة من الأنزيمات الهاضمة للبروتينات Proteolytic enzymes.



العصير المعدي: Gastric juice

ويقصد بالعصير المعدي جميع إفرازات الغدد والخلايا المعدية المذكورة سابقاً. ويمكن جمع العصير لأغراض التشخيص أو البحث العملي بطرق كثيرة منها:-

1. **بوساطة الانبوبة المعدية** Stomach tube:

وذلك بإدخالها مباشرة إلى المعدة عن طريق الفم كما في الإنسان وتسمى هذه الأنبوبة بأنبوبة رايل Ryle tube.

2. **بوساطة ناسور المعدة** Gastric fistula:

الذي يفتح إلى الخارج. وفي مثل هذه الحالة يتم قطع المريء ويوصل إلى الخارج خلال فتحة في الرقبة حيث يطعم الحيوان بطريقة الإطعام الكاذب Sham feeding. حيث أن الطعام لا يذهب إلى المعدة، بل يخرج من الفتحة العليا للرقبة (من النهاية المقطوعة للمريء). ويعمل حافز الأكل في هذه الحالة على تحفيز إفراز العصير المعدي الذي يتجمع في المعدة ويجمع خلال الناسور بصورة نقية.

3. **بوساطة جيب بافلول** Pavlov Pouch:

ويعمل هذا الجيب في المنطقةالقاعية للمعدة خلال جدار البطن وإلى الخارج، ويمكن من خلاله جمع عصير المعدة بسهولة.

مكونات العصير المعدي

لقد أظهرت البحوث أن العصير المعدي يتكون من :-

1. الماء : ويشكل حوالي 95% من العصير.
2. الأنزيمات : ويكون أنزيم الببسين Pepsin الأنزيم الرئيس بالإضافة إلى كميات قليلة من أنزيم الرنينRennin.
3. الأيونات: وتتكون من أيونات سالبة مثل الكلور (وهو الغالب) إضافة إلى البيكاربونات. أما الأيونات الموجبة فتشمل أيونات الهيدروجين والصوديوم (وهي الغالبة) إضافة إلى الكالسيوم والبوتاسيوم.



4. حامض كلوريد الهيدروجين HCl الذي تفرزه الخلايا الجدارية أو الحامضية من الغدد القاعية.

إفراز حامض كلوريد الهيدروجين Hydrochloric Acid

تفرز المعدة كميات كبيرة من حامض كلوريد الهيدروجين HCl، حيث يبلغ تركيزه في العصارة المعدية النقية حوالي 0.1% (pH:2). أما تركيز الحامض في الخلايا الحامضية فهو أعلى بكثير ويتراوح بين 0.4 و 0.5 (pH:1) . ويمكن إفراز الحامض بالطريقة التالية (شكل رقم 7-6):

تأخذ الخلايا الحامضية أيونات الكلور -Cl من الدم وتفرزها بوساطة النقل الفعال إلى قنوات الغدد المعدية. ومقابل ذلك تفرز الخلايا كمية مساوية من البيكاربونات HCO3 في الدم. وتتكون هذه البيكاربونات نتيجة تفاعل ثاني أوكسيد الكاربون CO_2 مع الماء بمساعدة أنزيم الكاربونك أنهايدريز Carbonic anhydrase الموجود في الخلايا الحامضية –

$$CO_2 + H_2O \xrightarrow{C.\,A} H_2CO_3 \longrightarrow H^+ + HCO_3^-$$

أما ايونات الهيدروجين المنتجة فإنها ترافق أيون الكلور على شكل حامض كلوريد الهيدروجين. يتضح من ذلك أن إفراز أيونات الهيدروجين في العصارة المعدية يكون على حساب أيونات الهيدروجين الموجودة في الدم حيث أن إفرازه يقابل إضافة أيون البيكاربونات إلى الدم. إن هذا لا يؤثر من درجة حموضة الدم لوجود وسائل كفيلة بإزالة تأثير الهيدروجين منه مثل الدارئات الكيميائية Chemical Buffers إضافة إلى العصارة البنكرياسية ذات القلوية العالية.

العصير المعدي: Gastric juice

ويقصد بالعصير المعدي جميع إفرازات الغدد والخلايا المعدية المذكورة سابقاً. ويمكن جمع العصير لأغراض التشخيص أو البحث العملي بطرق كثيرة منها:-

1. **بوساطة الانبوبة المعدية** Stomach tube:

وذلك بإدخالها مباشرة إلى المعدة عن طريق الفم كما في الإنسان وتسمى هذه الأنبوبة بأنبوبة رايل Ryle tube.

2. **بوساطة ناسور المعدة** Gastric fistula:

الذي يفتح إلى الخارج. وفي مثل هذه الحالة يتم قطع المريء ويوصل إلى الخارج خلال فتحة في الرقبة حيث يطعم الحيوان بطريقة الإطعام الكاذب Sham feeding. حيث أن الطعام لا يذهب إلى المعدة، بل يخرج من الفتحة العليا للرقبة (من النهاية المقطوعة للمريء). ويعمل حافز الأكل في هذه الحالة على تحفيز إفراز العصير المعدي الذي يتجمع في المعدة ويجمع خلال الناسور بصورة نقية.

3. **بوساطة جيب بافلول** Pavlov Pouch:

ويعمل هذا الجيب في المنطقةالقاعية للمعدة خلال جدار البطن وإلى الخارج، ويمكن من خلاله جمع عصير المعدة بسهولة.

مكونات العصير المعدي

لقد أظهرت البحوث أن العصير المعدي يتكون من :-

1. الماء : ويشكل حوالي 95% من العصير.
2. الأنزيمات : ويكون أنزيم البيسين Pepsin الأنزيم الرئيس بالإضافة إلى كميات قليلة من أنزيم الرنينRennin.
3. الأيونات: وتتكون من أيونات سالبة مثل الكلور (وهو الغالب) إضافة إلى البيكاربونات. أما الأيونات الموجبة فتشمل أيونات الهيدروجين والصوديوم (وهي الغالبة) إضافة إلى الكالسيوم والبوتاسيوم.



4. حامض كلوريد الهيدروجين HCl الذي تفرزه الخلايا الجدارية أو الحامضية من الغدد القاعية.

إفراز حامض كلوريد الهيدروجين Hydrochloric Acid

تفرز المعدة كميات كبيرة من حامض كلوريد الهيدروجين HCl، حيث يبلغ تركيزه في العصارة المعدية النقية حوالي 0.1% (pH:2).أما تركيز الحامض في الخلايا الحامضية فهو أعلى بكثير ويتراوح بين 0.4 و 0.5 (pH:1) . ويمكن إفراز الحامض بالطريقة التالية (شكل رقم 7-6):

تأخذ الخلايا الحامضية أيونات الكلور -Cl من الدم وتفرزها بوساطة النقل الفعال إلى قنوات الغدد المعدية. ومقابل ذلك تفرز الخلايا كمية مساوية من البيكاربونات HCO3 في الدم. وتتكون هذه البيكاربونات نتيجة تفاعل ثاني أوكسيد الكاربون CO_2 مع الماء بمساعدة أنزيم الكاربونك أنهايدريز Carbonic anhydrase الموجود في الخلايا الحامضية -

$$CO_2+H_2O \xrightarrow{C.\,A} H_2CO_3 \longrightarrow H^+ + HCO_3^-$$

أما ايونات الهيدروجين المنتجة فإنها ترافق أيون الكلور على شكل حامض كلوريد الهيدروجين. يتضح من ذلك أن إفراز أيونات الهيدروجين في العصارة المعدية يكون على حساب أيونات الهيدروجين الموجودة في الدم حيث أن إفرازه يقابل إضافة أيون البيكاربونات إلى الدم. إن هذا لا يؤثر من درجة حموضة الدم لوجود وسائل كفيلة بإزالة تأثير الهيدروجين منه مثل الدارئات الكيميائية Chemical Buffers إضافة إلى العصارة البنكرياسية ذات القلوية العالية.



وعاء دموي

خلية حامضية

Cl

Na

CO_2

$CO_2 + H_2O$

Carbonic anhydrase

H_2CO_3

HCO_3

$HCO_3^- + H^+$

H_2O

$OH^- + H^+$

ATP

ADP

ATP

ADP

Cl^-

H^+

شكل رقم (6-7)

مخطط يبين كيفية إفراز حامض كلوريد الهيدروجين من قبل الخلايا الحامضية للمعدة.

وظائف حامض كلوريد الهيدروجين في المعدة:

لحامض كلوريد الهيدروجين عدد من الوظائف المهمة في المعدة فهو:

1. يؤثر في البروتينات ويسهل عملية هضمها.
2. يحلل بعض السكريات الثنائية الى سكريات بسيطة مثل السكروز إلى جلوكوز وفركتوز.
3. يساعد على ذوبان أيونات الحديد والنحاس ثم إمتصاصهما.
4. له عمل مطهر للمعدة.
5. ينشط عملية تحول الببسينوجين Pepsinogen إلى ببسين Pepsion.
6. يسيطر على عمل الصمام البوابي الذي يربط المعدة بالاثنى عشر.



الببسين والرنين: Pepsin &Rennin

يوجد أنزيم الببسين في الخلايا الجسمية الرئيسة على شكل ببسينوجين غير فعال لا يستطيع هضم البروتينات ولكنه يتحول إلى ببسين بعد إفرازه بفعل حامض كلوريد الهيدروجين والببسين المتكون لأول مرة.

$$\text{Pepsinogen} \xrightarrow{\text{HCl}} \text{Pepsin}$$

ويعمل الببسين على هضم البروتينات في محيط شديد الحامضية حيث يحولها إلى مواد أبسط (لاحظ جدول رقم 7-1).

$$\text{proteins} \xrightarrow[\text{HCl}]{\text{Pepsin}} \text{proteoses +peptonse}$$

ويعد تحفيز العصب التائه Vagus nerve من أقوى العوامل المحفزة لإفراز أنزيم الببسين. كما أن حقن استيل كولين Acetyl choline أو العقاقير المشابهة لفعله يزيد من إفراز هذا الأنزيم بينما يعمل الاتروبين Atropin على تقليل إفرازه.

جدول رقم (1-7) يبين الانزيمات الهاضمية

المنشا Origin	الانزيم Enzyme	المادة الاولية Substrate	النتائج النهائية End product
Saliva	ptyalin	Starch	Dextrins,Maltose
Gastric Juice	pepsin	protein	Proteoses, Peptoes
	Rennin	Casein	Calcium Caseinate, proteoses,peptones
Pancreatic Juice	Trypsin	Protein	Peptones,Peptides
	Chymotrypsin	Protein	Peptones, Peptides
	Carboxypeptidase	peptides	Aminoacids
	Lipase	Fats	GLycerides,Fatty Acids
	Amylase	Starch	Dextrins,Maltose
	Maltase	Maltose	2Glucose



	Sucarase	Sucarose	Glucose,Fructose
	Nucleaese	Nucleic acid	Nucleotides
Intestinal	Aminopeptidase	Proteoses+peptones	Aminoacids
Jnice			
or	Dipeptidase	Proteoses+peptones	Aminoacids
Succus	Maltase	Maltose	2Glucose
Entericus	Lactase	Lactose	Glucose,Galactose
	Sucarase	Sucarose	Glucose,Fructose
	Nuclease	Nucleic aeid	Purine+ pyrimidin base+ phosphoric acid+ Pentose sugars

السيطرة على الإفرازات المعدية:

لقد أظهرت التجارب أن الإفرازات المعدية تقع تحت السيطرتين العصبية Nervous control والسائلية Humoral controle.

1. السيطرة العصبية:

وتتم بوساطة الألياف العصبية الودية Sympathetic والألياف العصبية نظير الودية Parasympathetic.

وتسيطر الألياف العصبية ونظير الودية على حركة جدران القناة الهضمية ونشاط الغدد عن طريق ضفيرتين تكونان شبكة من الخلايا العصبية تقع إحداهما بين الطبقة الطولية والطبقة الحلقية للعضلات وتسمى ضفيرة أورباك Auerbach`s plexus والأخرى إلى خارج الطبقة تحت المخاطية وتسمى ضفيرة مايسنر Meissner`s plexus. ويعمل النوعان من الألياف بصورة متضادة Antagonistically، فتكون الألياف الودية مثبطة لكل من الإفراز والحركة بينما تكون الألياف نظير الودية محفزة للإفراز والحركة.

2. السيطرة السائلية:

وسميت بهذا الإسم لأن المواد التي تؤثر في الإفراز تحمل بوساطة السوائل الجسمية، كما أن الإصطلاح مشتق من كلمة Humor ومعناها سائل Fluid. وتعد السيطرة الهرمونية نوعاً



خاصاً من السيطرة السائلية. وتتم السيطرة الهرمونية بوساطة عدد من الهرمونات التي تصنع وتفرز بوساطة الغشاء المخاطي للقناة الهضمية حيث يحملها الدم إلى الغدد الهضمية لتحفيزها على الرفراز وهذه الهرمونات هي (لاحظ جدول رقم 7-2).

أ- هرمون الكاسترين :Gastrin

ويفرز من الغدد البولية نتيجة توسعها عند إمتلاءها بالطعام ويعمل على تحفيز إفراز الغدد المعدية للأنزيمات والعوامل المساعدة وبعض الهرمونات.

ب- هرمون الانتيروجاسترون : Enterogastron

ويفرز من بطانة الإثني عشر نتيجة وجود الدهن والحوامض الدهنية وملامستها للبطانة ويعمل على تثبيط إفراز وحركة المعدة.

جدول رقم (7-2) يبين الهرمونات الهضمية

المنشا	الهرمون	العمل المساعد على الافراز	عمل الهرمونات
الغدد البوابية Pylorus	Gastrin	توسع وحركة المعدة	تحفيز إفراز الحوامض
الإثني عشر Duodenum	Enterogastron	وجود الدهن والحوامض الدهنية	تثبيط وإفراز حركة المعدة
	Secretin	وجود الحوامض والببتونز	تثبيط إفرازات البنكرياس (الماء والشوارد)
	Pancreozymin	وجود الدهن	تحفيز إفرازات البنكرياس (الانزيمات)
	cholecystokinin		تقليص كيس الصفراء وانبساط صمام أودي
الصائم Jejunum	Enterocrinin	نواتج هضم الغذاء	تحفيز إفرازات الامعاء

مراحل الإفراز المعدي:

يتم الإفراز المعدي بثلاث مراحل هي:

1. المرحلة الرأسية أو النفسية Cephalic or psychic phase:

وتسمى أيضاً بالمرحلة الإنعكاسية لأن الإفراز يتم فيها نتيجة الأفعال الأنعكاسية Reflexes. وتكون نقطة البدء في هذه المنعكسات هي الحلمات الذوقية التي تتأثر كيميائياً بوجود الطعام فتنتقل حوافز إلى الدماغ الذي يرسل بدوره حوافز صادرة إلى المعدة عن طريق العصب التائه Vagus nerve. ولا يؤدي مجرد التحفيز الميكانيكي إلى حدوث هذه المنعكسات، لذلك يعتمد مقدار الإفراز المعدي بالدرجة الأولى على مذاق الطعام. ويكون الإفراز النفسي غنياً بأنزيم الببسين وحامض كلوريد الهيدروجين لذلك يمكن معالجة القرحة المعدية Peptic ulcer بقطع العصب التائه المتصل بالمعدة الذي يسيطر على الإفراز.

2. المرحلة المعدية Gastric phase :

يتم الإفراز في هذه المرحلة نتيجة تحفيز الغدد المعدية بالطعام الموجود في المعدة. ويعتمد التحفيز في مثل هذه الحالة على نوع الطعام حيث تكون البروتينات أكثر الأطعمة تحفيزاً. لقد وجد أن مجرد تمدد المعدة وجدرانها يحفز إفراز الغدد المعدية وأن إدخال بالون مثلا ونفخه داخل المعدة يحفز إفراز العصارة المعدية حيث يؤدي هذا التمدد إلى حدوث أفعال إنعكاسية موضعية في جدران المعدة تشترك فيها ضفائر اورباك ومايسنر أنفسها. ووجد أن إمتصاص منتوجات هضم الغذاء قد يؤدي إلى تحفيز الغدد المعدية.

ويعمل تمدد جدران المعدة وحركتها وإمتصاص نتائج الهضم على تحفيز غدد خاصة في بطانة المنطقة البوابية Pyloric zone للمعدة لإفراز هرمون جاسترين الذي يحمل بواساطة الدم ليحفز إفراز الغدد المعدية.

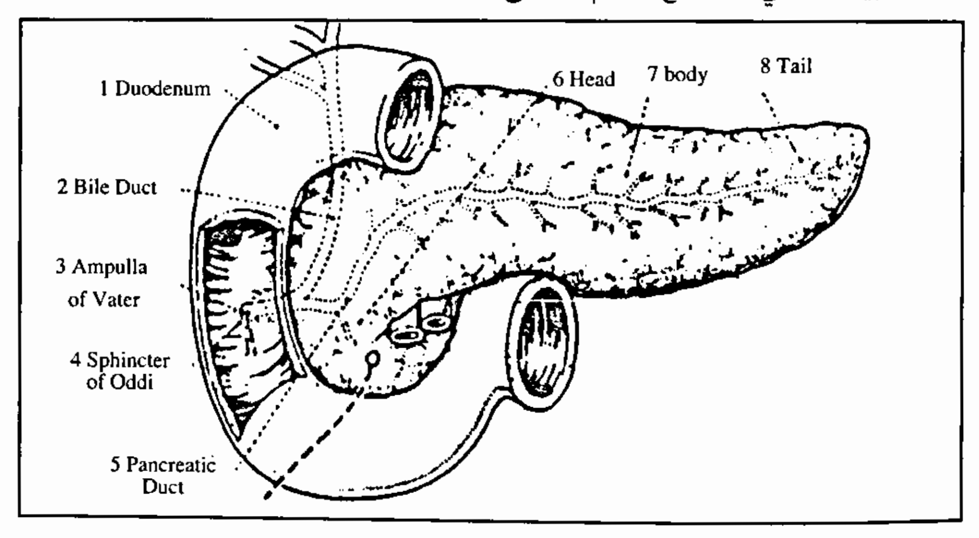
3. المرحلة المعوية Intestinal phase :

وتكون كمية الإفراز في هذه المرحلة قليلة نسبياً عند مقارنتها بالمرحلتين السابقتين. وتبدأ هذه المرحلة عند دخول الطعام المهضوم Chymes إلى الإثني عشر حيث يعمل حامض كلوريد الهيدروجين الممزوج بالغذاء المهضوم على تحفيز بطانة الإثني عشر لإفراز هرمون انتيروجاسترون Enteerogastron الذي يثبط إفراز المعدة وحركتها.



إفرازات البنكرياس:

يمكن جمع البنكرياس في الانسان والحيوان وهو تحت التخدير بإدخال أنبوبة خاصة في القناة البنكرياسية (شكل رقم 7-7) . وتحتوي العصارة البنكرياسية Pancreatic juice على عدد من الأنزيمات التي تستطيع هضم الأنواع الثلاث



شكل رقم (7-7)

شكل يبين البنكرياس

1.الإثني عشر　2. قناة الصفراء　3. أنبوبة فيتر　4. صمام اودي

5. قناة البنكرياس　6. الراس　7. الجسم　8. الذيل

الرئيسة في الطعام وهي الكاربوهيدرات والبروتينات والشحوم وهي:

أ- الأنزيمات الهاضمة للبروتينات وتشمل:

1. التربسين Trypsin: ويعمل على تحويل البروتينات إلى ببتايد وحوامض أمينية.

$$\text{Protein} \xrightarrow{\text{Trypsin}} \text{peptid} + \text{Peptones}$$

2. الكايموتربسين Chymotrypsin: ويعمل على تحويل البروتينات إلى ببتايد وببتونز كما في التربسين.



3. الكاربوكسي ببتايديز Carboxypeptidase: ويعمل على تحويل الببتايد إلى حوامض أمينية.

$$\text{Peptides} \xrightarrow{\text{carboxy peptidase}} \text{Amino acids}$$

ب- الأنزيمات الهاضمة للكاربوهيدرات:

وتحتوي العصارة البنكرياسية أنزيم واحد هاضم للكاربوهيدرات وهو أميليز البنكرياس Pancreatic amlase الذي يحول النشا إلى دكسترين ومالتوز

$$\text{Starch} \xrightarrow{\text{Pancreatic amylase}} \text{Dextrins +Maltose}$$

ج- الأنزيمات الهاضمة للشحوم:

وتشمل لايبيز البنكرياس Pancreatic Lipase الذي يعمل على تحويل الشحوم إلى حوامض شحمية بسطية وكليسيريدات.

$$\text{Fats} \xrightarrow{\text{Pancreatic Lipase}} \text{Fatty acids + glycerides}$$

د- كما تحتوي العصارة البنكرياسية على كمية كبيرة من البيكاربونات والأيونات السالبة الأخرى مثل $HPO_4^=, SO_4^=, Cl^-$ وأيونات موجبة مثل البوتاسيوم، والكالسيوم والمغنيسيوم وتبلغ حموضة العصارة البنكرياسية حوالي 8 (pH:8).

السيطرة على إفراز البنكرياس:

تقع إفرازات البنكرياس تحت السيطرة العصبية. ويكون العصب المشترك هو العصب التائه Vagus. والسيطرة الهرمونية التي تتم بوساطة الهرمون المحفز Secretin وهرمون البنكريوزايمين Pancreozymin.

تأثير العصب التائه: Vagus nerve

يتميز إفراز البنكرياس تحت تأثير العصب بكونه لزجاً وغنياً بالأنزيمات الهاضمة لكنه ذو كمية قليلة. ويؤدي قطع العصب التائه إلى تثبيط إفراز البنكرياس حتى بعد تناول الطعام، كما أن تحفيز العصب يؤدي إلى تحفيز هذا الإفراز.



تأثير الهرمون المحفز: Secretin

عزل العالمان بيلس وستارلنك Baylis and starling الهرمون المحفز من غشاء جزأي الأمعاء وهي الإثني عشر Duodenum والصائم Jejunum عام 1902 .وكان أول هرمون معوي قد تم عزله في ذلك الوقت. ويتلخص عمل هذا الهرمون بتحفيز خلايا البنكرياس على إفراز العصير البنكرياسي لذلك سمي بالهرمون المحفز. ويكون إفراز البنكرياس تحت تأثير هذا الهرمون ذا قوام مائي غني بالأملاح ولكنه يحتوي على كمية قليلة من الأنزيمات وذا كمية كبيرة الحجم. أما المحفز الرئيس لإفراز الهرمون فهو حموضة الغذاء المهضوم داخل الأمعاء Chymes.

تأثير هرمون البنكريوزايمين Pancreozymin

عزل العالمان هاربر ورابر Harper and Raper هذا الهرمون من بطانة الإثني عشر والصائم عام 1943 . ويكون إفراز البنكرياس تحت تأثير هذا الهرمون مشابها في قوامه ومكوناته للإفراز الذي يحدث تحت تأثير العصب التائه. أما المحفز الرئيس لإفراز الهرمون فهو إمتصاص منتوجات هضم الأغذية.

الكبد: Liver

وهو غدة كبيرة في الجسم وله وظائف كثيرة أهمها مايأتي:-

1. إفراز الصفراء Bile.
2. تكوين وخزن الكلايكوجين وتنظيم كمية ومستوى السكر في الدم.
3. تكوين بروتينات بلازما الدم وخاصة البروثرومبين Prothrombin والفايبرينوجين Fibrinogen.
4. تكوين اليوريا وعزل الأمونيا Deamination من الحوامض الأمينية وتحطيم حامض البول Uric acid.
5. خزن وتنظيم إنتشار عامل فقر الدم الخبيث Antipernicious anaemia.
6. خزن الفيتامينات الذائبة في الدهون مثل فيتامين K, E, D, A.

3. **اليرقان الإنسدادي** Obstructive Jaundice: وينتج من إنسداد القناة الصفراوية المشتركة بوساطة حصاة Gall stone تتكون داخل تجويفها نتيجة ترسب الكولسترول غير الذائب في كيس الصفراء.

ولا تتجاوز نسبة صبغة البلي روبن في دم الإنسان الطبيعي 0.1-0.5 ملغم في كل 100 سم3 من الدم. وتطرح هذه الصبغة في الأحوال الإعتيادية في خارج الجسم عن طريق تحول عصارة الصفراء، ولكن قد تطرأ على الجسم بعض الإضطرابات التي تحول إلى تفكك خضاب الدم بصورة طبيعية أو إحتباس الصفراء وعدم وصولها إلى الأمعاء أو إضطراب وظيفة الكبد ومقدار ما ينتجه من هذه الصبغة، وجميع هذه الحالات تؤدي إلى إرتفاع نسبة الصبغة في الدم ثم الإصابة بمرض اليرقان.

ويوجد بين إتصال القناة الصفراوية المشتركة Common bile duct والاثنى عشر ما يعرف بصمام آودي Sphinctor of Oddi الذي يمنع إنسياب الصفراء إلى الأمعاء في الأحوال الإعتيادية. أما دخول الطعام المهضوم Chymes إلى الإثنى عشر فينبه بطانة الاثنى عشر لإفراز هرمون خاص إلى مجرى الدم يسمى كولي سيستوكينين Cholecystokinin يسبب إنقباض كيس الصفراء وإنبساط الصمام وبذلك تنساب عصارة الصفراء من الكيس إلى الإثني عشر على شكل دفعات تعقب دفعات الطعام المتدفق.

وظائف عصارة الصفراء

يمكن تلخيص وظائف عصارة الصفراء إلى ما يأتي:-

1. تعد مصدراً مهماً حيث تقوم بمعادلة حامض كلوريد الهيدروجين الداخل إلى الأمعاء والممزوج مع الطعام.
2. تساعد على تنشيط لايبيز البنكرياس وتسريع عمل أميليز البنكرياس.
3. تعمل أملاح الصفراء على تخفيف التوتر السطحي للدهون عن طريق تقسيمها إلى جزيئات صغيرة وبذلك تساعد على إستحلابها Emulsification .
4. تعمل أملاح الصفراء على المساعدة في إمتصاص الفيتامينات الذائبة في الدهون مثل فيتامين A و D و E و K.



5. تتحد أملاح الصفراء بالأحماض الدهنية غير الذائبة لتكوين معقد الأحماض الدهنية وأملاح الصفراء الذي يمتص بسهولة.

Fatty acid + Bile salt ⟶ Fatty acid - bile salt complex

6. ينظم عصارة الصفراء نمو بعض أنواع البكتيريا حيث تعمل وسطاً زرعياً لها إضافة إلى عملها بوصفها مطهرة للأمعاء Antiseptic.

7. تساعد العصارة غير مباشرة في هضم الكثير من أنواع الأغذية وتنشيط عمل الأنزيمات الهاضمة عليها.

العصير المعوي: Intestinal juice.

وهو العصير الذي يفرز من جدران الأمعاء الدقيقة ويشمل نوعين من الإفرازات ويدعى أيضاً Succus entericus

أ- إفرازات قاعدية (مع بعض المخاط) وتفرزها غدد برونر Brunner`s glands الواقعة في الطبقة تحت المخاطية للقسم الأول للاثنى عشر التي تعمل على حماية البطانة من حموضة المعدة والطعام الحامضي المتدفق منها.

ب- إفرازات معوية تفرزها أخاديد ليبركوهين Crypts of Lieberkuhn التي تقع في جدران بقية الأمعاء. وتتميز هذه الإفرازات بكونها أقل لزوجة من الأولى رتحتوي على عدد كبير من الأنزيمات الهاضمة وهي:

1- البيتايديز peptidases

$$\text{Proteose, Peptones} \xrightarrow[\text{or Dipeptidases}]{\text{Aminopeptidases}} \text{Amino Acids}$$

2. مالتيز Maltase

$$\text{Maltose} \xrightarrow{\text{Maltase}} \text{2 Glucose}$$

3. لاكتيز Lactase

$$\text{Lactose} \xrightarrow{\text{Lactase}} \text{Glucose + Galactose}$$



4. سكريز Sucarase

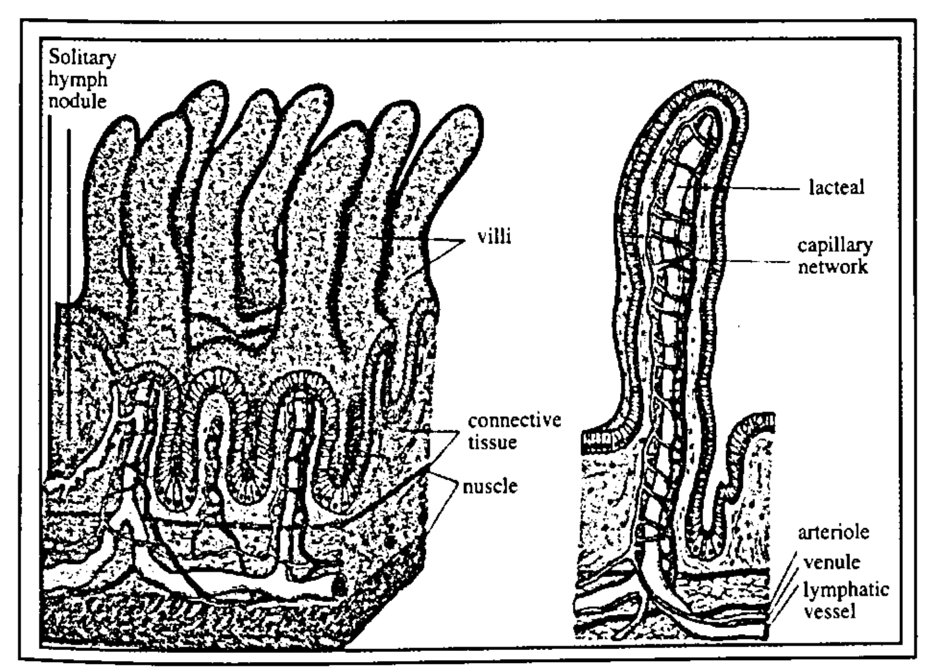
$$\text{Sucarose} \xrightarrow{\text{Sucarase}} \text{Glucose + Fructose}$$

5. نيوكليز Nuclease

$$\text{Nucleic Acid} \xrightarrow{\text{Nuclease}} \text{purnine +pyrimidine base + phosphoric Acid + pentose sugar}$$

الإمتصاص : Absorption

تتخصص المنطقة السفلية من الأمعاء الدقيقة بشكل ممتاز لعملية الإمتصاص حيث تتكون بطانتها من عدد كبير من الطيات إبتداءً من منطقة مصب القناة الصفراوية المشتركة وحتى منطقة الصمام اللفانفي الأعوري Ileo- Caecal valae وتغطي هذه الطيات ملايين من البروزات الدقيقة وتدعى بالزغابات التي يبلغ طول الواحدة منها ملليمتراً واحداً تقريباً وبذلك تزيد هذه الزغابات من توسع السطح الماص بما معدله عشرة أضعاف (شكل رقم 7-9).



شكل رقم (7-9) مخطط يبين الزغابات التي تغطي المنطقة السفلية من الأمعاء الدقيقة



وتحمل الحافات الحرة للخلايا الطلائية المبطنة للأمعاء بما في ذلك الزغابات إمتدادات مجهرية من الغشاء البلازم تدعى بالزغابات المجهرية Microvilli لا ترى ألا بوساطة المجهر الإلكتروني. وتضاعف هذه الزغابات المجهرية مجتمعة من السطح الماص بما معدله عشرون مرة. وبذلك تزيد الطيات والزغابات المجهرية مجتمعة من السطح الماص للأمعاء الدقيقة ما مقداره 600 مرة مما يجعل المساحة الكلية لهذا السطح تساوي حوالي 550 متراً مربعاً تقريباً وهذا يجعل الإمتصاص سريعاً جداً.

وتتكيف الزغابات بوصفها وحدات للإمتصاص لذلك نراها مزودة بشريان صغير يتفرع إلى عدد كبير من الشعيرات الدموية التي تعود فتكون وريداً صغيراً لغرض المساعدة في تصريف المواد الممتصة. وتوجد في وسط الزغابات أوعية لمفاوية تقوم بتصريف المواد الغذائية الممتصة إضافة إلى الألياف العصبية.

ويعتقد أن الشعيرات الدموية تقوم بإمتصاص الحوامض الأمينية والسكريات والأملاح والجليسيرول والفيتامينات وبعض الحوامض الدهنية. أما الأوعية اللمفاوية فتمتص الجليسيريدات وبعض الحوامض الدهنية والفيتامينات الذائبة في الدهون.

وتنظم حركة الزغابات بوساطة أعصاب ضفيرة مايسنر، وربما تتحفز بواسطة هرمون يسمى فيلي كاينين Villikinin يفرز في الطبقة المخاطية للاثنى عشر وينتقل بوساطة الدم إلى الزغابات. أما حركة الطبقة العضلية فتتم بوساطة أعصاب ضفيرة أورباك. ويتم إمتصاص النواتج الهضمية خلال الغشاء المخاطي بعمليتي الإنتشار والنقل النشط والنقل الفعال.

وتساعد حركة الأمعاء وخلاياها الطلائية المبطنة وكذلك نشاط القناة الهضمية في عملية الإمتصاص. وهناك عدة أنواع من الحركة يمكن تلخيصها بما يأتي (شكل رقم 7 - 10):

أ- حركة تجزؤ Segmentation وتعني التقلص بفترات منتظمة حيث تساعد على تجزئة المواد الغذائية وتكسيرها إلى قطع صغيرة.

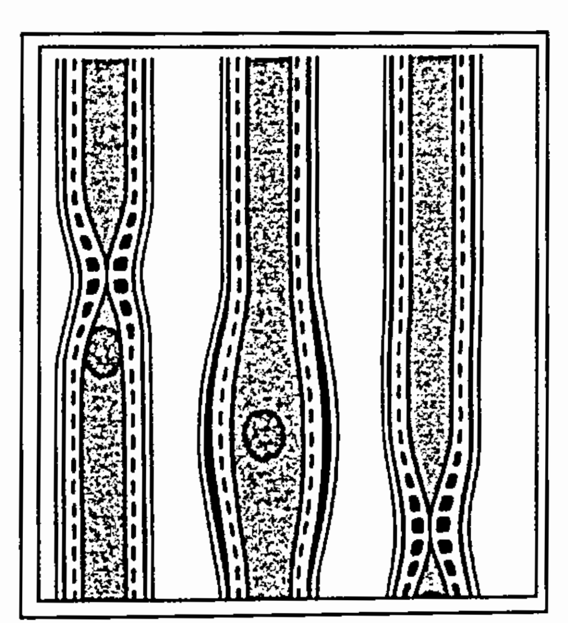
ب- حركة تمعجية Peristalsis وهي موجة تقلص تتبعها موجة إنبساط بصورة متعاقبة وتؤدي إلى دفع محتويات الأمعاء إلى الأمام.

ج- حركة بندولية Pendular وتؤدي إلى رج مكونات الأمعاء.

د- حركة زغابية Viliary وتعني حركة الزغابات التي تغطي الغشاء المخاطي للأمعاء والتي تساعد على الإمتصاص.

هـ- حركة توترية Tonicوهي تقلص الأمعاء بصورة مستمرة ويؤدي ذلك الى تضيق تجويفها ويساعد على عصر مكوناتها.

و- حركة عكس التمعجية Antiperistalsis وفيها تحصل موجة تقلص تتبعها موجة إنبساط ولكن بالإتجاه المعاكس. وتساعد هذه الحركة على عودة بعض مكونات الاثنى عشر إلى المعدة أحياناً.



شكل رقم (7-10) مخطط يبين الحركة التجزلية والتمعجيه للأمعاء.

أما النتائج العامة لهذه الحركة فهي:

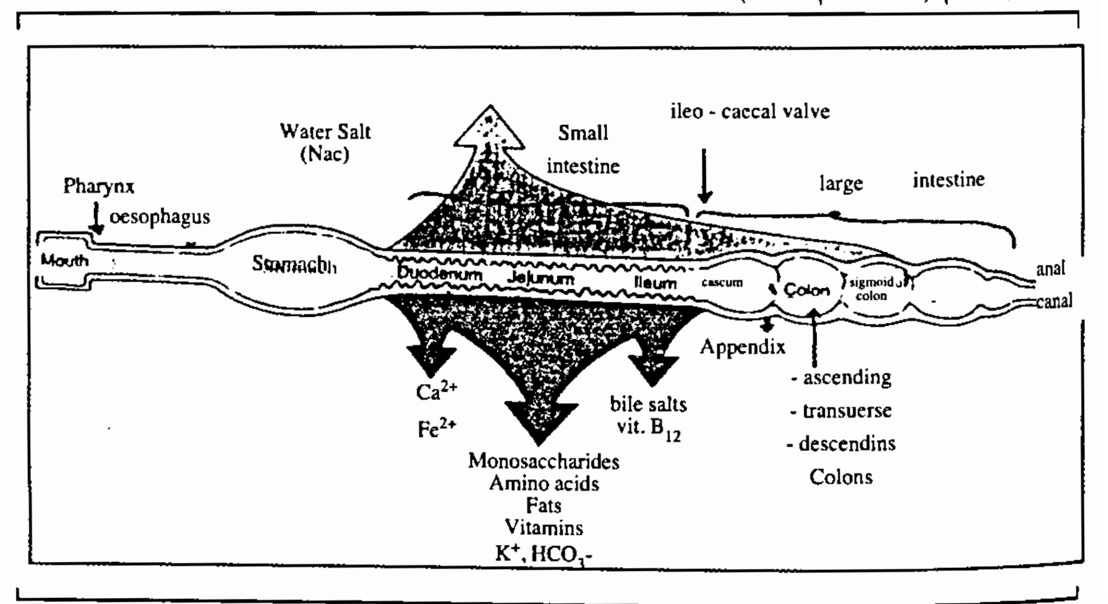
1. خلط الطعام ومزجه بالإفرازات الهاضمة.
2. جعل الأطعمة المهضومة في تماس مع الأمعاء للمساعدة على الإمتصاص.
3. تحريك الطعام ونقله من منطقة لأخرى في الأمعاء.



4. طرح بقايا الطعام إلى الخارج عن طريق المخرج.

5. المساعدة على تدفق الدم واللمف إلى جدران الأمعاء.

يتم إمتصاص الماء بعملية الإنتشار البسيط وفق القواعد الأوزموزية أو التنافذية Osmo-sis بوصفه نتيجة ثانوية لإمتصاص الأيونات ومنتوجات الهضم الأخرى على أساس التركيز بالنسبة للدم (شكل رقم 7-11).



شكل رقم (7-11)

المواضع الرئيسة لإمتصاص المواد المختلفة من الأغذية في القناة الهضمية

أما إمتصاص الأيونات الأحادية فيتم بسهولة كما في حالة الصوديوم والبوتاسيوم والكلور وغيرها. بينما يكون إمتصاص الأيونات المتعددة التكافؤ مثل الكالسيوم والمغنيسيوم والكبريتات ضعيفاً.

ويتم إمتصاص الأيونات وخاصة الصوديوم بعملية النقل الفعال حيث ينتج عن ذلك جهد كهربائي يعمل على جذب أيونات سالبة مثل الكلور من تجويف الأمعاء إلى السائل البني. ومن



الأيونات الأخرى التي تمتص بصورة فعالة أيونات الكالسيوم والبوتاسيوم والحديد والفوسفات والبيكاربونات والمغنيسيوم.

إمتصاص البروتينات:

تمتص جميع البروتينات الموجودة في الأطعمة على شكل حوامض أمينية إضافة إلى كميات قليلة جداً على شكل ببتيدات ثنائية وكميات ضئيلة على شكل بروتينات في بعض الأحيان.

ولما كانت الأحماض الأمينية وعددها 25 نوعاً ذات تراكيب متشابهة كانت ميكانيكية إمتصاصها متشابهة بوساطة النقل الفعال. ويحدث إمتصاص الحوامض الأمينية بسرعة تفوق كثيراً سرعة تحلل البروتينات، لذلك تكون محتويات الأمعاء خالية من هذه الأحماض. كما تمتص بعض الحوامض أسرع من غيرها حيث يؤثر وجود بعض الحوامض الأمينية في سرعة إمتصاص حوامض أخرى مما يدل على وجود ظاهرة التنافس بين هذه الحوامض.

أما الببتيدات الثنائية فتمتص بكميات قليلة إضافة إلى كميات ضئيلة من البروتينات التي يتم إمتصاصها بعملية الشرب الخلوي pinocytosis

إمتصاص الكاربوهيدرات:

يتم إمتصاص جميع الكاربوهيدرات تقريباً على شكل سكريات أحادية ويجري معظم الإمتصاص بالنقل الفعال لأن الأمعاء لا تسمح للجزيئات الكبيرة من المرور بعملية الإنتشار. وتمتص جزيئة السكر الأحادية بإتحادها بحامل Carrier خاص عند دخولها الخلية الطلائية لتكوين معقد من السكر والحامل الذي ينتقل إلى النهاية القاعدية للخلية ويتحلل هناك تاركاً السكر الأحادي. ثم يرجع هذا الحامل إلى النهاية القميه من الخلية ليحمل جزيئة أخرى من السكر.

وينتقل بعد ذلك السكر بعملية الإنتشار إلى خارج الخلية ومن ثم إلى الدورة الدموية، وتحتاج هذه العملية إلى أنزيمات خاصة وطاقة.

إمتصاص الشحوم:

يتم إمتصاص الشحوم على شكل حوامض شحمية وكليسيريدات أحادية إضافة إلى كميات قليلة من الكليسيردات الثنائية والثلاثية.



وتذوب جميع هذه المواد في المذيبات الدهنية لذلك تذوب في الغشاء البلازمي وتخترق الخلية بدخولها من النهاية الحرة حيث تصل إلى الجهة الداخلية للخلية بعملية الإنتشار وتخرج منها إلى مجرى اللمف.

وتزيد الأملاح الصفراوية من معدل الإمتصاص ويعود ذلك إلى التأثير الإستحلابي لهذه الأملاح على الشحوم حيث تجعلها على شكل قطيرات صغيرة يمكن أن تلتقطها أغشية الزغابات.

الإمتصاص في الأمعاء الغليظة:

يدخل إلى الأمعاء الغليظة حوالي لتر من الغذاء المهضوم Chymes في اليوم تقريباً في الإنسان بعد أن يعبر الصمام اللفائفي الأعور. ويتم إمتصاص معظم الماء والأيونات في الغذاء المهضوم ولا يبقى منه سوى 100 سم3 تقريباً تطرح من الغائط..

ويتم جميع الإمتصاص تقريباً في القولون الصاعد ولذلك يسمى بالقولون الماص بينما يعمل القولون النازل على خزن الفضلات لحين طرحها لذلك يسمى بالقوقون الخازن.

ولغشاء القولون القابلية على إمتصاص الصوديوم وبعض الأيونات بالنقل الفعال، لذلك تفقد كمية ضئيلة جداً من الصوديوم مع الغائط إضافة إلى كمية من الكالسيوم على شكل فوسفات الكالسيوم وبعض البيكاربونات.

وتوجد في القولون أنواع كثيرة من البكتيريا لبعضها القابلية على هضم السليلوز Celullose، وتساعد على صنع بعض الفيتامينات مثل فيتامين K و B_{12} والثايمين Thiamine (B1) والرايبرفلافين Riboflavin (B2) وبعض الغازات كالأمونيا وكبريتيد الهايدروجين.

الغائط Faeces :

يؤلف الماء حوالي 75% من الغائط. أما الباقي فمواد صلبة وشحوم ومواد عضوية وبروتينات وبكتيريا وألياف نباتية وبعض الخلايا المنسلخة من بطانة القناة الهضمية وبقايا العصارات الهاضمة وأملاح الصفراء.

ويعود لون البراز البني إلى بعض مشتقات البلي روبن Bilirubin وهي

ستركوبلينStercobilin ويوروبلين Urobilin نتيجة أكسدتها عند تعرضها للهواء وتسمى بلين Bilins.

أما رائحة الغائط فتعود إلى تفسخ محتويات القولون بفعل البكتيريا التي تؤدي إلى تكوين بعض الروائح الكريهة وهي الإندول Indole والسكتول Skatole وهي تختلف من شخص إلى آخر وتعتمد على نوع الطعام ونوع البكتيريا الموجودة في الأمعاء.

عملية الإبراز Defecation

وهي عبارة عن منعكس Reflex يتم بوساطة تقلص بعض العضلات الإرادية. فوجود الغائط Faeces في المستقيم Rectum يحفز النهايات العصبية الحسية في منطقة المخرج Anal region وبذلك تحصل استجابات كثيرة لحدوث منعكس الإبراز Defecation refex من الفتحة الشرجية Anus. وهناك عدد من العقاقير التي تسبب تفريغ البراز وتسمى بالمسهلات Laxatives مثل سلفات المغنيسيوم ودهن البرافين. أما قلة تفريغ محتويات الأمعاء وتصلب البراز فيعرف بالامساك Constipation.



الأيض أو الإستقلاب Metabolism

ويقصد بالأيض أو الإستقلاب العمليات الحيوية الكيميائية Biochemical processes التي تحدث في خلايا الجسم. والأيض نوعين:

1- عمليات بناء Anabolism

وتعني بناء الأنسجة عن طريق الإستفادة من المواد الغذائية المتصة لبناء مركبات معقده مشابهة للمواد الموجودة فيها وتسمى أيضاً بالتخليق الحيوي Biosynthesis. ويتم في هذه العمليات تجميع جزيئات صغيرة مثل الأحماض الأمينية لبناء البروتينات، أو السكريات الأحادية لبناء السكريات المتعددة، أو الأحماض الدهنية والكليسيرول لبناء الدهون. وبما أن نواتج عمليات البناء هي جزيئات كبيرة الحجم ومعقدة التركيب لذلك فإنها تحتاج إلى صرف طاقة Energy على شكل جزيئات إدينوسين ثلاثي الفوسفات ATP.

2- عمليات الهدم Catablism

وتعني تفكيك المواد الغذائية المتصة في مراحل متعددة من أجل إنتاج الطاقة. وهناك ثلاثة مراحل رئيسية تمر بها المواد الغذائية وهي:

أ- المرحلة الأولى : ويتم فيها تجزئة المواد الغذائية مثل البروتينات والسكريات والدهون في سلسلة من الخطوات بمساعدة الأنزيمات إلى وحداتها.

فمثلاً تتحلل البروتينات إلى الأحماض الأمينية، والسكريات المتعددة إلى سكريات أحادية تحتوي على خمسة أو ستة ذرات كاربون، والدهون إلى الأحماض الدهنية والكليسيرول ومركبات أخرى.

ب- المرحلة الثانية: ويتم فيها تجميع نواتج المرحلة الأولى وتحويلها إلى جزيئات أصغر حجماً وأبسط تركيباً. فمثلاً تتحول الأحماض الأمينية والأحماض الدهنية إلى مركب يحتوي على ذرتي كاربون يسمى Acetyl coA. بينما تتحول السكريات الأحادية إلى سكريات تحتوي على ثلاثة ذرات كاربون فقط وترتبط معها مجموعة فوسفات تدعى كليسر الديهايد ثلاثي الفوسفات وبعدها يتحول هذا المركب إلى Acetyl coA. ومن هذا يتبين أن الأخير هو مركب أساسي لهذه المرحلة من عمليات الهدم.



ج- المرحلة الثالثة: وتدخل فيها مجموعة الأستيل في مركب Acetyl coA في دوره الحامض ثلاثي الكاربوكسيل Tricarboxylic acid cycle ليتاكسد إلى ثاني أوكسيد الكاربون والماء وهو الناتج النهائي لعمليات الهدم.

معدل الأيض الأساسي Basal Metabolic Rate, BMR

ويؤدي هدم المواد الغذائية داخل الجسم إلى تحرير طاقة.وتظهر هذه الطاقة المتحررة على شكل أفعال خارجية وحرارة وطاقة مخزونه. ويطلق على كمية الطاقة المتحررة في وحده زمنيه بمعدل الأيض. أما الوحدة القياسية للطاقة فتسمى السعره Calori.

وتعرف السعره بأنها كمية الطاقة الحرارية اللازمة لرفع حرارة غرام واحد من الماء درجة مئوية واحده (ما بين 15-16). وتستعمل عادة وحدة الكيلو سعره Kilo Calori والتي تعادل 1000 سعره في علم وظائف الأعضاء.

ويستخدم معدل الأيض الأساسي BMR كحد أدنى للأيض الذي تصرف فيه طاقة تكفي لأداء وظائف أعضاء الجسم ضمن شروط معينة . وعند قياس معدل الأيض الأساسي يجب توفر الشروط التالية:

1- أن يكون الجسم بحالة إسترخاء تام من جميع النواحي.

2- أن يتم القياس بعد صيام لمدة 12 ساعة بعد أخر وجبة طعام.

3- أن يتم القياس في درجة حرارة الغرفة المناسبة ما بين 18-20 درجة مئويه.

4- أن يتم القياس بمعزل عن المنبهات والمؤثرات الخارجية.

وتحسب طاقة الأيض الأساسي بالكيلو سعره لكل غرام من وزن الجسم في الساعة الواحدة. أو 24 كيلو سعره لكل كيلو غرام من وزن الجسم في اليوم الواحد.

ويمكن الحصول عليها من حاصل ضرب وزن الجسم في مقدار الطاقة اللازمة في اليوم الواحد. فإذا كان وزن الجسم يساوي 70 كغم فإن :

طاقة الايض الاساسي = 70 x 40 = 1680 كيلو سعره.

وتتأثر طاقة الأيض الأساسي بعوامل عديده مثل : العمر والجنس (ذكر وأنثى) والنوم



وحرارة الجسم والإنفعالات والإفرازات الهرمونية مثل الأدرينالين والثيروكسين وغيرها.

تنظيم درجة حرارة الجسم Regulation & Body Temperature

تنتج الحرارة في الجسم نتيجة أيض المواد الغذائية وجميع العمليات الحيوية الكيميائية التي تحدث داخل خلاياه، وتزداد بالحركة والقيام بالتمارين الرياضية. وتفقد الحرارة من الجسم بعدة طرق تتمثل في التوصيل والإشعاع والتبخر وكذلك تفقد بكميات قليلة عن طريق التبرز أو التبول.

ويحدث التوازن الحراري في الجسم عندما تكون مقدار الحراره المفقوده مساوياً لمقدار الحرارة الناتجة.

وتتراوح درجة حرارة الإنسان الطبيعي ما بين 36.5-37.5 درجة مئوية. ولكنها تتأثر بعدة عوامل حيث تزداد مثلاً في وقت حدوث الإباضة خلال الدورة شهرية عند المرأة، وفي حالات الحركة والنشاط وأثناء التهيج والإنفعال وبعد تناول الطعام. كما تكون درجة حرارة الطفل أقل من درجة حرارة الشخص البالغ، وكذلك ترتفع درجة الحرارة قليلاً عند المساء عما هو عليه في فترة الصباح الباكر.

وتقاس درجة حرارة الجسم بميزان الحرارة الطبي Medical Thermometer وذلك بوضعه تحت الإبط أو تحت اللسان أو في الشرج لمدة خمسة دقائق. وتمثل درجة حرارة الشرج حرارة الجسم المركزية، بينما تكون درجة حرارة الفم أقل من درجة حرارة الشرج بمقدار نصف درجة مئوية. ولا تعبر درجة حرارة الفم عن الواقع في كثير من الأحيان لأنها تتأثر عند الإصابة بالرشح حيث يتنفس الإنسان عندها من فمه بدلاً من أنفه فتزداد درجة الحرارة، وكذلك تتأثر بما يأكله او يشربه الانسان من المأكولات او المشروبات الحارة او الباردة.

إستجابات الجسم لتعديل الحرارة

يستعمل الجسم عدة وسائل للحفاظ على درجة حرارة ثابتة عند إرتفاع أو إنخفاض درجة حرارته أو حرارة المحيط من حوله.

أ- في حالة التعرض للبرودة:

1- إنتصاب الشعر في الجسم بفعل العضلة الناصبة للشعر.

2- تضييق الأوعية الدموية وقلة وصول الدم إلى الأطراف لمنع فقدان الحرارة.



3- زيادة الدهون تحت الجلد في المناطق الباردة لمنع فقدان الحرارة.

4- زيادة معدل الأيض وزيادة إستهلاك المواد الغذائية لإنتاج الطاقة.

5- زيادة إفراز هرمون الإدرينالين والنور أدرينالين والهرمون المحرض للدرقية TSH.

ب: في حالة التعرض للحرارة:

1- إستلقاء الشعر على سطح الجسم لغرض طرح الحرارة عن طريق النقل والإشعاع.

2- توسع الأوعية الدموية فيصل الدم إلى الأطراف ويزيد من فقدان الحرارة.

3- قلة الدهون تحت الجلد في المناطق الحاره مما يزيد من فقدان الحرارة.

4- قلة معدل الأيض وقلة إستهلاك المواد الغذائية مما يقلل من إنتاج الطاقة.

5- زيادة التعرق مما يزيد من تبخر العرق من الجلد الذي يعمل على تبريد الجسم.

6- قلة إفراز هرمون المحرض للدرقية.

دور تحت المهاد في تنظيم حرارة الجسم:

يوجد في منطقة تحت المهاد في الدماغ مركز خاص للتنظيم الحراري Thermo-regolatory Center.

وينظم الجزء الخلفي لتحت المهاد المنعكسات التي تثار في حالة البروده. بينما ينظم الجزء الأمامي لتحت المهاد المنعكسات التي تثار في حالة الحرارة مما يودي إلى توسع الأوعية الدموية وزيادة التعرق وغيرها.

وتنتشر المستقبلات Receptors الحساسة للحرارة على سطح الجسم، وترتبط بالمركز الخاصة للتنظيم الحراري في تحت المهاد بواسطة أعصاب وارده Afferent لتنقل للدماغ التغيرات الحاصلة في حرارة الجسم. ويعمل تحت المهاد عمل المنظم Thermostatحيث يتأثر بتغيرات درجة الحرارة الواردة إليه ويستجيب بإرسال سيالات عصبية Nerve impulses إلى المؤثر المناسب Efferent لتعديل الحرارة.

8

الفصل الثامن

فسيولوجيا الجهاز البولي

Physiology of Urinary System

الجهاز الإخراجي والكلية Excretory System & The Kidney

التوازن المائي والملحي:

* المحتوى المائي والملحي للأنسجة يبقى ثابت عادةً ولا تغيير وإن تغير فبحدود ضعيفة.

* كمية الماء تحدد فعاليات الخلايا لأن الأفعال الحيوية والفسيولوجية تتطلب وسط سائل هو الماء.

* يؤلف الماء حوالي ثلث وزن الجسم، وإن انخفضت النسبة يؤدي ذلك الى انخفاض الفعاليات الحيوية.

* النسب المئوية للماء في الجسم:

اللبائن:	%65	الضفادع :	%78
الإنسان :	%70	سمك البحر :	%82
الدجاج :	%74	قنديل البحر :	%95

* والحيوان المتمتع بصحة جيدة هو الذي يستطيع تنظيم وسطه الداخلي وبعكسه يكون مريضاً بسبب عطل في بعض الأعضاء والأجهزة المسؤولة عن تنظيم وخزن الماء مثل مرض:-

❁ السكري الكاذب Diabetes insipidus: ينتج عن قلة إفراز الهرمون مانع التبول Antidiuretic H. (ADH)، ويعمل هذا الهرمون بحيث:

1 - يقلل من تكوين البول.

2 - يزيد من ضغط الدم في الشرايين لأنه يضيق الأوعية.

* وسبب المرض هو عطل أو تحطم في قسم من منطقة تحت المهاد Hypothalamus حيث يصنع هذا الهرمون ويخزن في الفص الخلفي للغدة النخامية Posterior Petiutary

* يؤدي إلى زيادة في التبول وعطش شديد.

* وسببه أيضاً أورام سرطانية في تحت المهاد Hypothalamus .



* عجزه في قشرة الغدد الكظرية Adrenal cortical Insuffticiency

* أمراض الكلية Renal disease

* التهاب الأمعاء Interitis

* عدم انتظام عمل الجزء الهضمي لمعدة المجترات Disorders of abomasum.

الكحول :– مضاد فعال للـ ADH لذلك يتبول الشخص بكميات كبيرة بفعل تأثيراته المثبطة لإفراز هذا الهرمون، وتتوسع الأوعية الدموية (يحمر الوجه).

* يجب أن نفرق بين السكري الكاذب ومرض السكري Diabetes Mellitus الذي يتميز بـ:

* زيادة في سكر الدم 0.2 - 0.5% وسكر البول (Normal 0.1%)

معدل السكر في الدم = من 120 إلى 180 ملغم / 100 سم3 في الدم

* زيادة سكر الدم تسمى Hyperglycaemia

* ويؤدي إلى زيادة التبول وعطش شديد

سبب المرض:

إزالة أو عطل جـزيرات لانجـرهـانس Isletes of Langerhans في البنكرياس التي تفـرز هرمون الأنسولين Insulin

تنظيم كمية الماء والأملاح في الجسم يتم بواسطة:

الكليتان، والجلد في الانسان بالاضافة الى الخياشيم والغدد الخضر في الحيوانات.

يتم التنظيم بطريقة: التناقذ (Osmosis) بالنسبة للماء

النقل الفعال Active transport
الانتشار Diffusion } بالنسبة للأملاح

تطلق كلمة Osmoregulation أو التنظيم الأوزموزي على عملية تنظيم المحتوى المائي او اللحي.



التوازن المائي Water Balance

يفقد الجسم الماء ويكتسبه بطرق مختلفة، ولكي تبقى كمية الماء ثابتة في الجسم يجب أن تكون كمية الماء المكتسبة تساوي كمية الماء المفقودة.

أ - طرائق اكتساب الماء من قبل الجسم

1) **ماء التاكسد** oxidation water

* ينتج من اكسدة المواد الغذائية داخل الخلايا وتحويلها إلى ماء و CO_2 (كل غرام من الجلوكوز ينتج 0.60 ملي / لتر ماء وكل غرام من الشحوم ينتج 1.00 ملي لتر ماء وكل غرام من البروتينات ينتج 0.42 ملي/ لتر ماء). ويسمى الماء الناتج من الأفعال الحيوية Metabolic water ويشكل حوالي 5 - 10% من مجموع الماء في الجسم.

* يكون ماء تأكسد الشحوم أكثر من ماء تأكسد البرتينات إضافة إلى أن طرح الفضلات النايتروجينية للبروتينات يحتاج إلى فقدان كمية من الماء في البول بينما الشحوم لا تنتج فضلات نايتروجينية.

* تقدر كمية ماء التاكسد في الإنسان بحوالي 340 غم في اليوم

* بعض الحيوانات مثل جرذ الكنغر Kangaroo Rat تستغني تماماً عن تناول الماء وتكتفي بماء التاكسد لسد حاجتها.

2) **الماء الموجود في الطعام** Food Water

يختلف باختلاف نوع الطعام فمثلاً الخضر، والفواكه، والحليب تحتوي على 60 - 90% ماء، الحيوانات التي تعيش في مراعي خضراء لا تحتاج أحياناً إلى شرب الماء.

3) **ماء الشرب** Drinking water

مهم لأنه الوسيلة الوحيدة التي تنظم كمية الماء في الجسم حيث ليس للانسان والحيوان السيطرة على تحديد كمية ماء التاكسد او ماء الطعام تحت الضروف الاعتيادية.

يشرب الانسان الماء استجابة لحافز العطش Thirst stimulus: إن ظاهرة العطش غير مفهومة فسيولوجياً ولكنها تؤدي إلى :



* جفاف الفم والبلعوم نظراً لقلة إفراز اللعاب (ويكون الشعور بالجفاف مؤلماً وقوياً في الإنسان).

* لقد أظهرت الدراسات وجود مركز متخصص للعطش Thirst center يقع في القسم الداخلي من تحت المهاد Medial part of the hypothalamus في قاعدة المخ.

* تحفيز خلايا هذا المركز كهربائياً يجعل الحيوان يفتش عن الماء بالرغم من عدم حاجته إليه.

* حقن محلول ملحي في هذه المنطقة للدماغ يحفز الحيوان على شرب الماء بالرغم من عدم حاجته إليه.

* عند انخفاض ماء الجسم يزداد الضغط الأوزموزي للدم ويؤدي إلى زيادة تحفيز خلايا مركز العطش فيؤدي إلى الشعور بالعطش.

ب) طرق فقدان الماء من قبل الجسم:

1) في هواء الزفير والرئتان:

* خروج هواء مشبع بالماء عند الزفير نتيجة التبخر الحاصل في سطح الحويصلات الرئوية والمجاري التنفسية.

* تزداد كمية الماء المفقودة في الزفير بزيادة الحركات التنفسية وبانخفاض رطوبة الهواء الجوي.

* كمية الماء المتبخر من سطح الرئتين = كمية الماء في هواء الزفير – كميته في هواء الشهيق (في الإنسان = 300 غم في اليوم).

2) التبخر من سطح الجسم (التعرق)

* يتبخر الماء من سطح الجسم بصورة دائمة وبكميات قليلة عن طريق التعرق غير المحسوس Insensible perspiration (كميتها لا تتجاوز 1/2 لتر في الإنسان في اليوم).

* عند التعرق الشديد تصل الكمية إلى حوالي 10 - 15 لتر في اليوم في الإنسان.

* يزداد التبخر في الجو الحار وعند ممارسة الأعمال الشاقة ووجود ريح عالية.

3) الماء المطروح مع البراز:

* تعتمد كميته على نوع الطعام وتزداد مع الطعام النباتي.

* في الأبقار تصل كمية الماء المطروحة إلى 20 - 40 لتراً في اليوم.

* عند الإسهال تزداد كمية الماء المطروحة ويتعرض الجسم إلى حالة الجفاف نتيجة فقدان كميات كبيرة من الماء كما في مرض الهيضة (الكوليرا)

4) الماء المطروح عن طريق التبول

يتحكم الجسم فسيولوجياً بكمية البول حيث يبقى كمية الماء في الجسم ثابتة لذلك يجب أن يكون حجم الماء المكتسب = حجم الماد المفقود.

* لا يمكن للجسم التحكم إلا بكمية ماء الشرب وفسيولوجيا بكمية البول لتنظيم ماء الجسم.

* عند حرمان حيوان من الماء تطرأ تغيرات للاحتفاض باكبر كمية من الماء في الجسم وانخفاض في معدل البول وتلعب المواد الذائبة في البول وقابلية خلايا الكلية على تركيز البول دوراً كبيراً في تحديد حجم البول.

تنظيم طرح الماء في البول:

* يتم طرح البول عن طريق الكليتين وينظم عن طريق هرمون مانع التبول ADH.

* يصنع ADH في منطقة تحت المهاد Hypothalamus في الدماغ.

* يخزن في الفص الخلفي للغدة النخامية Posterior pituitary

* يعمل الهرمون من خلال تأثيره على نفرونات الكلية Nephrons مسبباً زيادة في إعادة امتصاص الماء Reabsorption مقللاً بذلك حجم البول.

* عند حرمان الحيوان من الماء يتحفز الفص الخلفي للغدة النخامية لإفراز الـ ADH الذي ينقل عن طريق الدم إلى الكلية فيسبب انخفاض البول لإعادة امتصاص كميات من الماء وبالعكس عند إعطاء كميات كبيرة من الماء.

موازنة الماء في الجسم

لكي يعيش الانسان في حالة صحية دائمة يجب ان تكون:



كمية الماء المكتسبة = كمية الماء المفقودة.

الماء المكتسب Water input

	الحد الأدنى	الحد الأعلى
– السوائل والمشروبات	750	5650
– ماء الطعام	250	1750
– ماء التمثيل	50	400
المجموع	1050	7800 مللیلتر

الماء المفقود Water output

	الحد الأدنى	الحد الأعلى
– الكلى (مع البول)	600	2000
– القولون (مع البراز)	50	200
– الجلد والرئتان (تبخر)	350	700
– الغدد العرقية (عرق)	50	4000
– الغدد اللبنية (حليب)	0	900
المجموع	1050	7800 مللیلتر

ماء الدوران المتكرر الاستعمال Water Turnover

	الحد الأدنى	الحد الأعلى
– الغدد اللعابية	500	1500
– المعدة	100	2400
– جدار الامعاء	700	3000
– البنكرياس	700	1000
– المرارة (الصفراء)	100	400
– الغدد اللمفية	700	1500
المجموع	3700	9800 مللیلتر

مجموع الماء الكلي في الجسم

	3700	9800	
	1050+	7800 +	
المجموع : الحد الأدنى	4750	17600	الحد الأعلى

السوائل الجسمية Body Fluids

إن نسبة عالية من وزن الجسم يكونها الماء مذابة فيه مواد مختلفة ويسمى الماء والمواد المذابة فيه بالسوائل الجسمية. للسوائل الجسمية أهمية كبيرة في حالة صحة الإنسان والحيوان أو مرضه. تبقى السوائل الجسمية ثابتة الحجوم والتراكيب وإن تغيرات انحرفت صحة الفرد (مما يدل على وجود مرض). في الكوليرا يفقد الجسم كمية كبيرة من سوائله على شكل قيىء أو إسهال، وفي مرض الإسهال الصيفي Summer diarrhea في الأطفال يفقد الجسم كمية من سوائله.

أقسام السوائل الجسمية Fluid compartment of the body

تقسم إلى ما يلي:

1 - السائل داخل الخلايا : Intracellular fluid يبلغ 50% من وزن الجسم.

اغشية الخلايا تملك قابلية عالية في النفاذية بشكل يسمح بمرور بعض الأيونات ويمنع مرور اخرى.

2 - السائل خارج الخلايا Extracellular fluid يبلغ 20% من وزن الجسم. ويقسم إلى :

أ - مصل او بلازما الدم Plasma يبلغ 5%

ب - السائل البيني Interstitial يبلغ 15% يفصل بين القسمين جدار الأوعية الدموية.

جـ - السوائل الجسمية الخاصة مثل:

1 - السائل الدماغي الشوكي Cerebrospinal fluid

2 - السائل المفصلي Synovial fluid



3 – السائل العيني Aqueous humor

4 – سائل القناة الهضمية (العصارات الهاضمة)

5 – سائل الصفراء

6 – البول

أغشية الخلايا الجسمية

تتمتع اغشية الخلايا (عدا بطانة الاوعية الدموية) على قابلية إنتخابية عالية في مرور الأيونات High selective permeability إضافة إلى النقل الفعال Active transport . أما بطانة الأوعية الدموية فتتميز بأنها:

أ – لا تسمح بمرور كل من خلايا الدم الحمر RBC ونسبة عالية من بروتينات مصل الدم Plasm proteins والمواد ذات الوزن الجزيئي العالي.

ب – تسمح بمرور الأيونات غير العضوية Inorganic ions والماء Water والمواد ذات الوزن الجزيئي الواطيء. وتتأثر عملية التبادل المستمر بين مصل الدم والسائل بحركة القلب وضغط الدم. ويتأثر تركيز السوائل داخل وخارج الخلايا بما يلي:

1 – النفاذية الإنتخابية التي تتمتع بها اغشية الخلايا.

2 – النقل الفعال (مضخة ايونية Electrolyte pump بواسطتها يمكن نقل الايونات من الخلايا ذات التركيز الواطيء إلى التركيز العالي) مثل إخراج ايون الصوديوم Na^+ من داخل الخلايا (تركيز واطيء) إلى خارجها (تركيز عالي). أو إدخال أيون البوتاسيوم K^+ من خارج الخلايا (تركيز واطيء) إلى داخلها (تركيز عالي).

أما حركة الماء فتتم حسب ما يأتي:

* تخترق جزيئات الماء معظم الخلايا بسهولة (حسب الضغط).

* عند حقن حيوان بكمية من الماء في الوريد (I.V) يلاحظ :

* إن زيادة ضغط الدم نتيجة وجود الماء تؤدي الى انتقاله إلى المسافات البينية ثم إلى داخل الخلايا وبعدها (يحدث توازن في التركيز لكافة السوائل الجسمية).



* حقن الماء بكميات كبيرة في الوريد يمكن أن يؤدي إلى موت الحيوان نتيجة لتشبع الخلايا بالماء ويعرف ذلك بالتسمم المائي Water intoxication

* يحدث نفس الشيء عند حقن محلول مخفف من ملح الطعام Hypotonic Nacl .

* أما عند حقن محلول متعادل من ملح الطعام Isotonic Nacl (متعادل مع مصل الدم) فيسبب توزيع الماء بشكل منتظم في الأجزاء المختلفة التي تحوي سائل خارج الخلايا والسائل الخلوي.

* أما حقن محلول مركز من ملح الطعام Hypotonic Nacl فيؤدي إلى سحب الماء إلى مصل الدم وحصول نقص في الماء الخلوي وجفاف الخلايا cellular dehydration

تركيز السوائل الجسمية

إن تحديد انواع وتراكيز المواد المختلفة في:

1 - مصل الدم أو الكريات الحمر (سهل) بالحصول على عينات من هذه المواد.

2 - السائل البيني (معقد) نظراً لصعوبة الحصول عليه لأن المسافات بين الخلايا لا يتجاوز سمكها 1.5 مايكروميتر (أقرب شيء إليه هو اللمف).

3 - السائل داخل الخلايا أكثر تعقيداً لأن النتائج التي تحصل عليها من النسيج لا تمثل السائل داخل الخلايا فقط وإنما السائل البيني أيضاً.

تتكون السوائل الجسمية من:

* الماء والمواد المختلفة المذابة فيه.

* يختلف تركيب السائل داخل الخلايا عن السائل خارج الخلايا وبقية السوائل الجسمية.

* السائل داخل الخلايا غني بـ:الأيون الموجبة مثل أيونات البوتاسيوم (تشكل معظم الأيونات الموجبة) K^+

وأيونات الصوديوم والكاليسيوم والمغنسيوم Mg^{++} ، Ca^{++} ، Na^+ على التوالي.

الأيونات السالبة العضوية - كالأحماض الأمينية والبروتينات والأحماض العضوية واللاعضوية مثل الكلور والبيكربونات والفوسفات والكبريت.

البلازما والسائل البيني:

يتشابهان في التركيب عدا وجود المواد البروتينية في السائل البيني وتتكون من ايونات موجبة: Na^+, K^+, Ca^{++}, Mg^{++}.

وأيونات سالبة Cl^- (بصورة رئيسية) و $HCO3^-$, $HPO4^-$ وقليلاً من الأيونات العضوية. أما السوائل الجسمية الخاصة فتتكون من الدم وهي في توازن ديناميكي مع الدم لكنها تختلف عن تركيب المصل. مثلاً العصارة المعدية: شديدة الحموضة (الجزء الأعظم منها ايونات موجبة مثل H^+ إضافة إلى Na^+ وهذان الأيونان الموجبان يتعادلان بواسطة Cl^- وكذلك Na^+ (حسب قانون تعادل الكهربائية)

المحيط الخارجي والمحيط الداخلي

المحيط الخارجي ويشمل:-

الهواء بدرجة حرارته ورطوبته وكمية الأوكسجين فيه حيث يؤثر على الكائن الحي.

المحيط الداخلي وهو:

المحيط الذي يحمله الكائن الحي داخل جسمه. يتمثل بالسائل البيني الذي يحيط بكل خلية من خلايا الجسم والسوائل الاخرى التي في تبادل مستمر مع السائل البيني مثل السائل داخل الخلايا، ومصل الدم، والسوائل الجسمية الخاصة.

وأي إرباك في كمية وتركيب هذه السوائل تؤدي الى المرض واختلال التوازن.

أول من وضح فكرة السائل البيني العالم الفرنسي كلودبر نارد Claude Bernard الذي عاش في القرن الماضي حيث اشار إلى أن:

* المحيط الخارجي كالهواء والماء لا يمثل المحيط الحقيقي لخلايا الجسم. لأن المحيط الحقيقي هو السائل البيني الذي يحيط بالخلايا وكذلك مصل الدم الذي هو في تبادل مستمر معه وقد سمى السائلين بالوسط الداخلي ليميزه عن الوسط الخارجي.
* وبالرغم من تغير المحيط الخارجي من وقت لآخر يبقى الوسط الداخلي ثابتاً بواسطة وسائل تنظيمية مختلفة.

* اطلق العالم الامريكي والتركانون Walter Cannon كلمة ثبوت داخلي Homeostasis على ثبات الوسط الداخلي للجسم مثل:

1 – درجة حموضة الدم pH ثابت = 7,4 عند انخفاضها عن هذا الحد يصاب الشخص بزيادة حموضة الدم Acidaemia عند ارتفاعها عن الحد يصاب الشخص بزيادة قاعدية الدم Alkalaemia وكلتا الحالتين مصحوبة باعراض شديدة مرضية كاضطراب التنفس والغيبوبة.

2 – تركيز الكالسيوم في الدم (10 ملغم / 100 سم^3) إذا تغير عن هذا الحد أو أدى إلى اعراض مرضية حادة.

3 – كذلك تغير مستوى الكلوكوز في الدم ومستوى الصوديوم والبوتاسيوم في السوائل الجسمية وكمية الماء في الجسم.

تعتبر جميع هذه الحالات المرضية إرباك في السوائل الجسمية وتغير ثبوتية Constuncy الوسط الداخلي للجسم اي تغيير في التوازن Homeostasis

التبادل بين السوائل الجسمية المختلفة

هناك تبادل مستمر بين مصل الدم والسائل البيني (وتفصل بينهما جدران الأوعية الدموية) وبين السائل البيني والسائل داخل الخلايا (ويفصل بينهما غشاء الخلية البلازمي).

وبالرغم من ان التبادل يشمل الماء والمواد المذابة فيه فتبقى السوائل الجسمية مختلفة ومتميزة عن بعضها في التركيب لوجود الأغشية.

1) غشاء بلازمي يفصل بين السائل داخل الخلايا والسائل البيني.

2) جدران الأوعية الدموية وتفصل بين مصل الدم والسائل البيني.

التبادل بين المصل والسائل البيني سهل لذلك يتشابه تركيب المصل والسائل البيني عدى خلو السائل البيني من البروتينات. ولا يتم تبادل البروتينات لصعوبة اختراقها للأغشية الخلوية. أما التبادل بين المصل والسائل البيني فيضمن:



إيصال الاكسجين والمواد الغذائية من الدم إلى الخلايا وإيصال الفضلات من الخلايا إلى الدم تمهيداً لطرحها الى الخارج.

والتبادل بين السائل البيني والسائل داخل الخلايا يضمن : إختيار المواد الضرورية للخلية وبكميات لازمة والاحتفاظ بتركيب خاص للخلية ضروري لحدوث الأفعال الحيوية المختلفة.

1) التبادل بين المصل والسائل البيني:

يحدث التبادل عن طريق جدران الأوعية الشعرية الدموية الحاوية على صف واحد من الخلايا الطلائية المسطحة Endometrium لأن جدران الأوردة والشرايين عضلية لا تسمح بمرور أي مادة خلالها.

تسمح جدران الأوعية الشعرية الدموية بمرور الماء والمواد المذابة فيه بسهولة عدى البروتينات وتسمح بمرور الأيونات غير العضوية inorganic ions والمواد ذات الوزن الجزيئي لواطيء Substance of low molecular weight

ولكنها لا تسمح بمرور كل من خلايا الدم الحمر RBC ونسب عالية من بروتينات مصل الدم Plasma proteins والمواد ذات الوزن الجزئي العالي Substance of high molecular Weight. ويتأثر التبادل بقوتان:

1 - **الضغط الشعيري** Capillar pressure

يعمل على دفع مصل الدم إلى خارج الأوعية الشعرية وتدعى العملية فوق الترشيح Ul-trafiltration ويكون الراشح خال من البروتينات.

2 - **الضغط الازموزي الغروي** Colliod Osmotic Pressure **لمصل الدم في الإنسان:**

* يبلغ الضغط الشعيري في النهاية الشريانية 35 ملم زئبق.

* يبلغ الضغط الشعيري في النهاية الوريدية 15 ملم زئبق.

كذلك فإن معدل الضغط الشعيري في الإنسان هو 25 ملم زئبق ولكنه غير متجانس على طوا وعاء الشعيري حيث يتضائل من النهاية الشريانية إلي النهاية الوريدية.

الغشاء. أما الأيونات مثل أيونات الصوديوم والبوتاسيوم فإنها تلاقي صعوبة كبيرة في العبور خلال الغشاء البلازمي بينما تخترق جدران الأوعية الشعيرية الدموية بسهولة.

التوازن الحامضي القاعدي للجسم Acid - Base balance

يعني الجسم عناية خاصة بتركيز أيون الهيدروجين H^+ في السوائل لما له من أهمية لحياة الكائن الحي. تتراوح حدود الأس الهيدروجيني pH لمختلف اللبائن بين (7 - 7.8) وبمعدل (7.4). إن الثبات النسبي لكمية H^+ في السوائل خارج الخلايا هي نتيجة التوازن الحامضي القاعدي.

الحامضي : هو المادة التي لها القابلية على إعطاء ايونات الهيدروجين (أي إعطاء بروتون).

القاعدة: هي المادة التي بها القابلية على قبول ايونات الهيدروجين والإتحاد بها.

تختل الموازنة بين الحوامض والقواعد في الجسم بين فترة واخرى نتيجة لعمل الخلايا التي تتطلب إضافة أو طرح كميات من هذه المواد من الجسم بشكل مستمر. تضاف كميات من الحوامض او القواعد نتيجة لتناول الانسان الطعام او الشراب أو نتيجة للأفعال الحيوية.

يحدث فقدان او اكتساب الحوامض او القواعد نتيجة بعض الحالات المرضية. إذا انخفض الأس الهيدروجيني للدم Blood pH أقل من الحدود الاعتيادية. فتسمى الحالة بـ الحموضة الدموية Acidaemia وإذا ارتفع الأس الهيدروجيني للدم فتسمى الحالة بـ القاعدية الدموية Alkalaemia

التوازن الحامضي القاعدي في حالة المرض

* يسبب المرض اختلالاً في التوازن الحامضي القاعدي للجسم لذلك يجب على الأجهزة المسؤولة على هذا التوازن العمل لإعادته إلى الوضع الطبيعي.

* إذا كان المرض شديداً فيؤدي إلى استنزاف قابلية هذه الأجهزة وانخفاض قدرتها عن العمل لإعادة التوازن الطبيعي وتنتج عن ذلك استمرار في اختلال التوازن وبقاء معاناة الانسان ويكون اختلال التوازن على نوعين:



1) زيادة الحامضية Acidosis في الجسم ويكون فيها المجموع الكلي للحوامض في السوائل الجسمية أكثر من الكمية الاعتيادية. يرافق زيادة حامضية الجسم زيادة حامضية الدم Acidaemia

2) زيادة القاعدة Alkalosis في الجسم ويكون فيها المجموع الكلي للقواعد في السوائل الجسمية أكثر من الكمية الاعتيادية ويجب أن نتذكر هنا بأن وجود الهيموغلوبين بدون الأكسجين يكون اكثر قاعدية مما هو عليه عندما يكون الهيموغلوبين متحداً مع الأكسجين. ويرافق زيادج قاعدية الجسم زيادة في قاعدية الدم Alkalemia

* وتسمى زيادة الحوامض الناتجة من تجمع حامض الكابونيك H_2Co_3 بالحموضة التنفسية Respiratory acidosis.

* وتسمى زيادة القاعدية الناتجة من تجمع غاز Co_2 بالقاعدية التنفسية Respiratory alkalosis.

* وإذا كان سبب الحموضة زيادة في حامض آخر غير H_2Co_3 أو نتيجة انخفاض القاعدية فتسمى الحالة بـ الحموضة الأيضية Metablic acidosis

* وإذا كان سبب القاعدية إضافة أية قاعدة أو انخفاض في أي حامض عدا H_2Co_3 فتسمى الحالة بـ القاعدية الأيضية Metabolic Alkalosis.

* كما يحدث اختلال التوازن الحامضي القاعدي في بعض الحالات المرضية مثل:

* انخفاض التهوية التنفسية Insufficient Respiratory Ventilation .

* هبوط في عمل الكلية والتقيؤ والإسهال.

ولغرض السيطرة على عدم اختلال التوازن يستعين الجسم بما ياتي:

1) المواد الكيميائية المعادلة الدارئة Chemical Buffers.

2) تنظيم تركيز حامض الكاربونيك H_2CO_3 في الدم عن طريق التنفس.

3) طرح أيونات الهيدروجين والبيكربونات (H^+ , HCO^-_3) عن طريق الكليتين.



أولاً : المواد الكيميائية المعادلة Chemical Buffers

تتكون هذه المواد من خليط من الحوامض الضعيفة والقواعد مثل حامض الكاربونيك H_2CO_3 وأيونات البيكربونات HCO^-_3 حيث ان وجودها يمنع أي تغيير كبير في الأس الهيدروجيني عند إضافة حامض او قاعدة.

عند إضافة حامض قلوي مثل $H_2 SO_4$ (الناتج من تمثيل بعض البروتينات الحاوية على حوامض أمينية تحتوي على الكبريت).

فإن الجزء القاعدي من الجهاز يرتبط مع أيون H^+ الناتج من الحامض القوي ليكون حامض ضعيف (أي ان HCO^-_3 تأخذ H^+ من الحامض القوي لتحويله إلى حامض ضعيف هو H_2Co_3) :

$$(H_2SO_4 + HCO_3^-)$$

$$2H^+ + SO_4 + 2HCO^-_3 \longrightarrow 2H_2CO_3 + SO_4$$

أذن تنتج عن التفاعل قلة في القاعدة نتيجة استهلاك HCO^-_3

عند إضافة كميات إضافية من الحامض القوي: يحصل انخفاض إضافي في القاعدة وتنخفض نسبة القاعدة إلى الحامض. لذلك يجب إرجاع نسبة القاعدة إلى الحامض إلى حدودها الطبيعية وبعكس ذلك تحصل زيادة في حموضة الدم والتي يمكن معادلتها عن طريق طرح أيون H^+ مع البول.

أما عند إضافة قاعدة قوية: فإنها تستبدل أولاً بقاعدة ضعيفة ثم تقوم الكلية بالإحتفاظ بأيون H^+ وزيادة طرح المواد القاعدية عن طريق البول لغرض المحافظة على التوازن.

ويتكون الجهاز المعادل للدم Blood Buffer من:

* البيكربونات HCO^-_3 : أكثر مكونات الجهاز المعادل للدم أهمية
* خضاب الدم Hb
* بروتينات بلازما الدم Plasma Proteins
* الفوسفات HPO^-_3



لو أضيفت كمية من حامض قوي إلى الدم في انبوبة اختبار in vitro فإن معادلته تتم حسب النسب الآتية:

HCO^-_3 %65

28 % خضاب دم Hb

%6 بروتينات مصل الدم Plasma protein

%1 فوسفات HPO^-_4

* ويستطيع الدم الاعتماد على هذه المعادلة لمنع أي تغيير في الأس الهيدروجيني.

* أما المواد الكيمياوية المعادلة الموجودة في السوائل خارج الخلايا Etracellular Buffers فتتحمل قسطاً كبيراً بمعادلة الحوامض قبل وصولها إلى الدم.

وتعمل الرئتين والكليتين بصورة سريعة للتخلص من زيادة الحامضية او القاعدية.

ثانياً : التنظيم التنفسي لحامض الكربونيك Respiraadory adjustment of H_2 Co_3

تتغير كمية HCO^-_3 المعادلة (لأن H_2CO_3 هو مصدرها الوحيد) من خلال انخفاض معدل التهوية التنفسية (لأن ضغط غاز CO_2 في محلول يؤدي إلى تفاعل جزء منه مع الماء لتكوين H_2O_3):

$$CO_2 + H_2O \longrightarrow H_2\,CO_3$$

لذلك فإن كمية H_2CO_3 تتناسب طردياً مع كمية غاز CO_2 المذابة وهذه تتأثر بمعدل التهوية التنفسية.

تؤثر زيادة أو انخفاض كمية CO_2 المذابة على المراكز التنفسية في المخ (نتيجة تغير الأس الهيدروجيني) لذلك فعند انخفاض الأس الهيدروجيني نتيجة زيادة CO_2 يزداد التنفس لطرح الكميات الفائضة منه إلى الخارج.

لذا فإن زيادة CO_2 تؤدي إلى انخفاض الأس الهيدروجيني وتؤدي إلى زيادة معدل التنفس لطرح الزائد من CO_2



ثالثاً : طرح أيونات H^+ و HCO_3 عن طريق الكليتين:

Excretion of hydrogen & bicarbonate ions by the kidney

كما قلنا سابقاً، عند إضافة حامض قوي أو قاعدة إلى السوائل الجسمية فإن المعادلات الكيميائية ستتحرك لموازنة الأس الهيدروجيني وينتج استنزاف لـ HCO_3^- و H^+.

فعند إضافة H_2SO_4 فإن الـ HCO_3^- ستقوم بمعادلته وتنتج عن ذلك تكوين حامض الكاربونيك الضعيف الذي يتخلص الجسم منه بسهولة عن طريق التنفس أما أيونات الكبريتات ($SO_4^=$) فيتم طرحها عن طريق البول.

$$2H^+ + SO_4^= + 2HCO_3^- \longrightarrow 2H_2CO_3 + So_4^=$$

ويؤدي هذا التفاعل إلى استنزاف كميات من HCO_3^- المستهلكة إضافة الي خسارة أيونات موجبة تطرح عن طريق البول بغرض موازنة ($SO_4^=$) لمعادلة الكهربائية للجسم مثل أيونات Na^+ المهمة.

لذلك تقوم الكلية بطرقها الخاصة بتعويض HCO_3^- المفقودة عن طريق تكوينها من غاز CO_2 الناتج من الأفعال الحيوية.

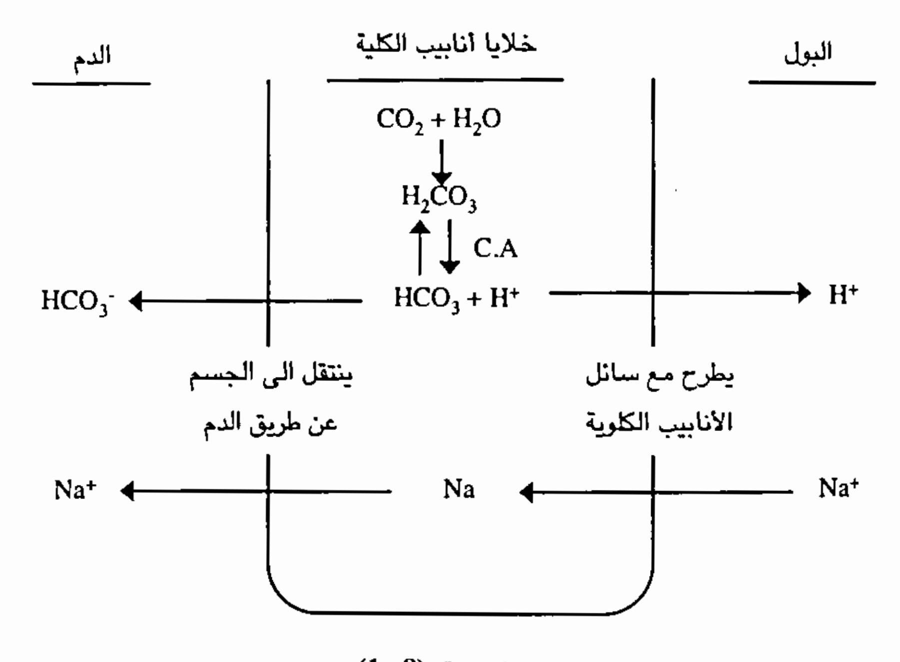
يذوب CO_2 في الماء مكوناً H_2CO_3 الذي يتحلل سريعاً بفعل إنزيم خاص متواجد في خلايا الكلية يسمى Carbonic anhydrase مكوناً H^+ و HCO_3^-

$$CO_2 + H_2O \longrightarrow H_2CO_3 \xrightarrow{C.A.} H^+ + HCO_3^-$$

يحتفظ الجسم بأيون $H_2CO_3^-$ وينقله عن طريق الدم.

أما أيون H^+ فإنه يطرح مع سائل الأنابيب الكلوية لاستبداله بأيون Na^+ الذي يعادل امتصاصه عن طريق النقل الفعال.

لذلك فإن كمية من أيون H^+ مساوية لكمية H_2SO_4 التي أضيفت سيتخلص منها الجسم عن طريق البول وسيحصل على ما فقده من أيونات HCO^-_3 و Na^+ (شكل رقم 8 - 1).



شكل رقم (8 - 1)
يبين كيفية طرح ايونات الهيدروجين والبيكربونات عن طريق الكليتين

الكلية The Kidney

تعتبر الكلية العضو المسؤول عن تنظيم السوائل الجسمية للمحافظة على الوسط الداخلي للجسم. لذلك فإن أي اضطراب في السوائل الجسمية (حجماً وتركيباً) قد يؤدي إلى حدوث حالات مرضية خطيره.

ومثلما بينا سابقاً فإن الجسم يفقد باستمرار كمية معينة من الماء عن طريق هواء الزفير (الرئتين)، والتبخر من سطح الجسم (الغدد العرقية)، والتبرز (الغائط) وأخيراً عن طريق البول (بواسطة الكليتين). أما كمية الماء المفقود عن طريق العرق فتتغير قيمتها تبعاً لتغير درجة حرارة المحيط وتتراوح بين $^1/_2$ - 10 لتر في اليوم الواحد في الإنسان.

إن التباين الكبير في كمية الماء المفقودة بواسطة العرق مرتبط بتنظيم درجة حرارة الجسم، وتكون أحياناً على حساب توازن السوائل الجسمية. لذلك تعتبر الكليتين العضوان الوحيدان

الذان يستطيعان تنظيم كمية السوائل الجسمية وتركيبها.

تتسلم الكلية إشارات خاصة بحصول التغيرات في مكان ما من الجسم والتي تتطلب إجراء بعض التغيرات الضرورية في تركيز الأيونات المهمة (مثل Na^+ , K^+ , H^+) . وتعتبر الكلية العضو الإفرازي الرئيسي في الجسم ومهمتها التخلص من الفضلات والمواد الذائبة في الماء وكذلك الفضلات غير الطيارة (Non volatile) حيث يمتص منه أو تضاف إليه بعض المواد قبل أن يتحول إلى ما نسميه البول (Urine) لذلك يختلف تركيب وحجم البول في الانسان نفسه من وقت لآخر.

تشريح الكليتين Anatomy of the kidney

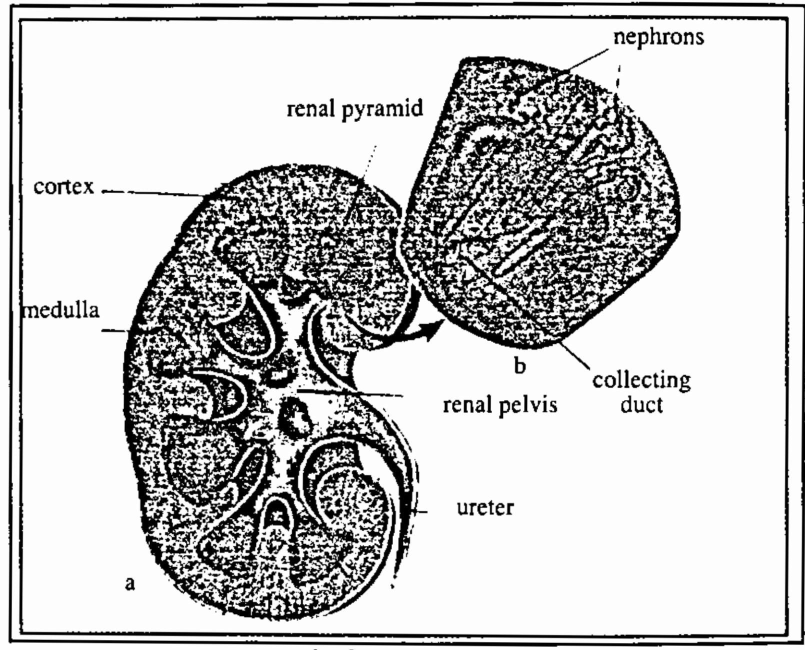
توجد في جسم الانسان كليتان تشكلان حوالي 1% من وزن الجسم الكلي. تتصل الكليتان بالجدار الظهري من البطن Dorsal wall of the abdomen خلف الحجاب الحاجز Di- aphragm. ويحيط كل كلية من الخارج محفظة Capsule (شكل رقم 8 -2).ويتكون نسيج الكلية من قسمين:

1 – القشرة Cortex إلى الخارج.

2 – اللب Medulla إلى الداخل.

يتكون اللب من كتل مخوطية Cone - shaped تسمى الفصوص الكلوية Renal lobules حيث تتكون قاعدة كل فص من نسيج القشرة بينما تتجه القمم المسمات بالحلمات Papillae نحو حوض الكلية. ويسبب بروز الحلمات في حوض الكلية ظهور خلجان صغيرة Minor ca- lyces .

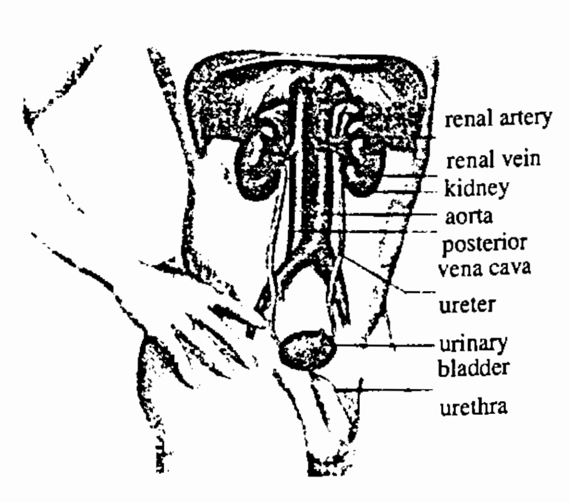




شكل رقم (8 - 2)

تركيب الكلية في الانسان

واتحاد مجموعة من الخلجان الصغيرة يكون خلجاناً كبيرة Major calyces. واتحاد مجموعة من الخلجان الكبيرة يكون حوض الكلية Renal Pelvis. ويوجد حوض الكلية في الخنازير والخيل والقطط والكلاب بالإضافة الى الانسان (شكل رقم 8 - 3) .



شكل رقم (8 - 3)

كلية الانسان ويتصل بها الحالب والمثانة وتؤلف الجهاز الاخراجي للانسان

أما في الدجاج والبقر فلا يوجد حوض كلية لأن الخلجان الكبيرة تتحد مع بعضها لتكون الحالب Ureter. وهناك نوعان من الحيوانات نسبة لتفصص الكلية وهما :

أ- مفصص Lobulated مثل الدجاج والأبقار

ب – غير مفصص non Lobulated مثل الخرفان والقطط والكلاب والخيل والإنسان.

يوجد انخساف في الجانب الداخلي للكلية يسمى بالنقير Hilus أو Hilum.

تركيب الكلية:

تتألف الكلية من حوالي مليون أو أكثر وحدة وضيفية فعالة تسمى بالنفرونات Nephrons يتألف كل نفرون من أنبوبة بولية أو كلوية Renal or uriniferous tubule (شكل رقم 8 - 4).

شكل رقم (8 - 4)
أحد نفرونات الكلية



تمتد الأنابيب البولية أو الكلوية بما فيها القنوات المجمعة Collecting Ducts من القشرة عبر اللب وتفتح في حوض الكلية على شكل خطوط شعاعية مستقيمة ray - like striation مما يجعل اللب يبدو وكأنه مخطط striated.

تبدأ الانبوبة البولية بتركيب قمعي الشكل هو محفضة بومان Bowman's Capsule توجد في داخلها كتلة من الاوعية الشعرية الدموية تسمى الكرية الكلوية Renal corpuscle وتعرف بالكبيبة Glomerulus أو كرية مالبيجي Malpighian

وتقسم الأنبوبة البولية الى عدد من المناطق المتميزة فسيولوجياً ونسيجياً وهي:

- الانبوبة الملتوية العليا او القريبة (الدانية) Proxaimal Convoluted tubule.
- وإلتواء هنلي Henle's Loop أو Loop of Henle.

والأنبوبة الملتوية السفلى أو البعيدة (القاصية) Distal Convoluted tubule

والقنوات المجمعة Collecting ducts.وتصب النفرونات محتوياتها في القنوات المجمعة، وتعمل النفرونات مع القنوات المجمعة للمحافظة على:

1 - التنظيم الأوزموزي

2 - التنظيم الحامضي - القاعدي

3 - إفراز أيون البوتاسيوم K

وتتميز النفرونات الكلوية بأطوالها المختلفة فتكون النفرونات الواقعة في الجزء الداخلي من قشرة الكلية طويلة نسبياً بسبب زيادة طول التواد هنلي. أما النفرونات الواقعة في الجزء الخارجي من قشرة الكلية فتكون قصيرة بسبب قصر طول التواء هنلي. وهناك علاقة وثيقة بين طول التواد هنلي ومعدل تركيز البول في الكلية حيث يكون الحيوان الذي يحوي نسبة عالية من النفرونات طويلة الإلتواء أكبر قابلية على تركيز البول من الحيوان قصير الإلتواء.

عمل الكلية:

يعتبر النفرون الوحدة الوظيفية الفعالة في الكلية بالإضافة الى كونه الوحدة التركيبية. كما أن عمل الكلية هو حصيلة فعاليات المليون او اكثر من نفرونات الكلية



وظائف الكلية:

1) **المحافظة على الحجم الكلي للسوائل الجسمية:** عند زيادة حجم السوائل الجسمية تطرح الكليتان كمية من البول المخفف (Hypotonic urine)

أما عند جفاف الجسم فان حجم البول ينخفض ويصبح عالي التركيز Hypertonic urine أي أن تركيز البول يكون أعلى من تركيز مصل الدم.

ويتراوح الضغط الأوزموزي للبول المطروح بين 6/1 إلى أربعة أضعاف الضغط الأوزموزي لمصل الدم. أي بين 50 - 1200 ملي أوزمول / لتر للبول و 3000 ملي أوزمول/لتر لمصل الدم.

2) **تنظيم التركيز الكلي للسوائل الجسمية:**

تحاول الكلية إبقاء الضغط الأزمولي للسوائل الجسمية حوالي 300 ملي أوزمول/ لتر.

ويتم هذا التنظيم بطرح كميات مختلفة من الماء والأملاح بواسطة الكليتين حسب الحاجة.

3) **تنظيم تراكيز المواد المذابة:**

ليس المهم أن يكون الضغط الأوزموزي للسوائل الجسمية ثابتاً فقط وإنما يجب ان تبقى تراكيز المواد المختلفة ثابتة لاتتغير الا قليلاً. فمثلاً توجد ايونات الصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم والبيكربونات في الدم بتراكيز مختلفة. وعند ارتفاع تراكيز أحد هذه الأيونات تقوم الكلية بطرح الزائد منه إلى الخارج وبالعكس عند انخفاض تركيز هذه المواد تقل سرعة طرحه عن طريق الكليتين.

4) **تنظيم تركيز ايون H^+ في الدم:**

يعبر عن تركيز أيون H^+ بالأس الهيدروجيني pH وهو حوالي 7.4 كما ذكرنا بالنسبة للدم. وعند ارتفاعه عن هذا الحد تسمى قاعدية الدم alkalaemia وعند انخفاضه تسمى الحموضة الدموية Acidaemia.

يتم هذا التنظيم بطرق عديدة منها طرح ايونات H^+ أو طرح وامتصاص HCO_3^-.

5) **طرح الفضلات والسموم:**

تقوم الكلية بطرح بعض الفضلات مثل اليوريا، وحامض اليوريك، والامونيا، والأملاح الصفراوية Bile salts.



كذلك تطرح الكلية السموم المتكونة في الجسم نتيجة الفعاليات الحيوية المختلفة او الداخلة للجسم عن طريق الأطعمة. كما تقوم الكلية بطرح الادوية والعقاقير او المواد الناتجة عن تحللها وبذلك تمنع تراكمها في الجسم.

وظائف النفرونات الكلوية:

تقوم الكلية بوظائفها عن طريق ثلاث فعاليات مهمة يمارسها النفرون وهي:-

1) الترشيح Filtration

2) إعادة الامتصاص Reabsorption

3) الإفراز Secretion

أولاً : الترشيح Filltration

* الترشيح هو عبور جزء من مصل الدم من المجرى الدموي إلى محفظة بومان.

* يقدر السطح الذي يتم عن طريق الترشيح في الكليتين بحوالي 1.5 م^2.

* أما الضغط الشعيري في الكبيبة فيبلغ حوالي 70 ملم زئبق مقارنة مع الضغط الشعيري في الأوعية الشعيرية الدموية في سائر انحاء الجسم البالغة حوالي 25 ملم زئبق وبذلك يعمل الضغط الشعيري على دفع الراشح إلى محفظة بومان.

* تقابل ذلك قوتان هي الضغط الأوزموزي الغروي الذي يبلغ حوالي 30ملم زئبق وضغط السائل في الأنبوبة البولية ويبلغ 15 ملم زئبق ولذلك تصبح القوة الدافعة للترشيح هي حوالي 25 ملم زئبق 70 - (30 + 15).

* تحت هذه القوة تخترق جدران الأوعية الشعرية الدموية وجدران محفظة بومان جزيئات الماء وجميع المواد المذابة فيه عدى تلك التي لها وزن جزيئي عالي.

* إن الحد الأعلى للوزن الجزيئي الذي يمكن الترشيح هو حوالي 35.000.

* مثلاً يتم ترشيح البومين البيض (و . ح = 34.000) بينما لا يمكن ان ترشيح البومين المصل Serum alboumin (و . ج = 67.500).

* يبلغ مقدار السائل المترشح في جميع نفرونات الكليتين في الإنسان حوالي 125 سم2 / الدقيقة وهو ما يعادل 170 لتر يومياً.

* ويشبه هذا الراشح تماماً مصل الدم ما عدى خلوه عادة من البرتينات التي لا يمكن ترشيحها لكبر جزيئاتها.

* يحتوي الراشح على كمية كبيرة من الجلوكوز و Na^+ , K^+ وغيرها من المواد التي لا يمكن ان يستغني الجسم عنها، لذلك يعاد امتصاص هذه المواد من قبل جدران الانابيب البولية.

* ويبين الجدول التالي كمية المواد المترشحة والتي يعاد امتصاصها وكمياتها المطروحة في الكليتين في اليوم الواحد عند الأنسان.

المادة	كمية الراشح	الكمية التي يعاد امتصاصها	الكمية المطروحة
الماء	170 لتر	168.5 لتر	1.5 لتر
جلوكوز	170 غم	170 غم	-
Na^+	560 غم	555	5 غم
K^+	29 غم	27 غم	2 غم
Ca^{++}	17 غم	16.8 غم	0.2 غم
HCO_3^-	255 غم	255 غم	-
يوريا	51 غم	21 غم	30 غم

ثانياً : إعادة الامتصاص Reabsorption

* يتم عملية إعادة الامتصاص بواسطة النقل الفعال وتباين الضغوط في المناطق المختلفة من الانابيب البولية وتشمل الماء ومعظم المواد المذابة فيه.

إعادة امتصاص الماء:

تبلغ كمية الماء المترشح خلال كلية الإنسان حوالي 125 سم^3 / دقيقة. يعاد امتصاص حوالي 88% من الماء المترشح في الانبوبة الملتوية العليا (تبلغ 110 سم^3 / دقيقة) أما 12% الباقية فتتابع سيرها إلى المناطق الأخرى للأنبوبة البولية (تبلغ 15 سم^3 / دقيقة).



إن عملية امتصاص الماء في الانبوبة الملتوية العليا هو نتيجة لعملية امتصاص الصوديوم بالنقل الفعال حيث يعاد امتصاص 88% من الصوديوم أيضاً.

ويؤدي امتصاص الصوديوم إلى جعل السائل البيني خارج الأنبوبة البولية اعلى تركيزاً من السائل داخل الأنبوبة. لذلك ينفذ الماء من الأنبوبة إلى السائل البيني حسب القوانين الاوزموزيه. وبانتقال الصوديوم من السائل البيني إلى داخل الأوعية الشعرية الدموية المحيطة بالانبوبة البولية ينفذ الماء إلى داخل الأوعية الدموية.

إن عملية امتصاص الصوديوم عملية ايجابية بينما عملية امتصاص الماء فعملية سلبية.

ويؤلف امتصاص كل من الماء والصوديوم حوالي 90% من المحاليل الملحية للمصل والراشح ويمتص بنفس الدرجة (88%) في الأنبوبة الملتوية العليا.

لذلك فإن تركيز الراشح الذي يترك الأنبوبة الملتوية العليا والذي يدخل التواء هنلي يبقى ثابتاً ومساوياً لتركيز الراشح الأصلي وتركيز البلازما.

ويعتقد أن التواء هنلي غير ناضح للماء. لذلك فإن السائل الذي يترك التواء هنلي ويدخل إلى الأنبوب الملتوي السفلي يساوي ايضاً 15 سم^3 / دقيقة.

يتم في الأنبوبة الملتوية السفلى وفي الانابيب الجامعة امتصاص 14 سم^3 / دقيقة من الماء. لذلك لا يتجمع في حوض الكلية سوى 1 سم^3 في الدقيقة وهذا يعادل 1.5 لتر من البول في اليوم الواحد.

ثالثاً : الإفراز Secretion

الإفراز هو النقل الفعال للأيونات والمواد المختلفة من الدم عبر خلايا الأنبوبة البولية الى تجويفها.وتقوم خلايا الأنبوبة البولية وخاصة الأنبوبة الملتوية السفلى والبعيدة بهذه العملية.

إفراز اليهدروجين H^+

* تتكون في الجسم كميات كبيرة من المركبات الحامضية نتيجة تمثيل المواد الغذائية. فتمثيل الكاربوهيدرات والدهون والبروتينات ينتج CO_2 . كما أن تمثيل الأحماض النووية والمركبات الفوسفاتية العضوية ينتج حامض الفوسفوريك.

* يطرح CO_2 عن طريق طرح الرئتين (حوالي 300 لتر في اليوم) ويعتمد طرحه على سرعة التنفس.

* اضطراب التنفس يؤدي الى حموضة الدم acidaemia عند انخفاض التهوية.

* إضطراب التنفس يؤدي الى قاعدية الدم Alkalaemia عند ازدياد التهوية.

* لذلك فإن الرئتين لا تستطيع تنظيم درجة حموضة الدم Blood pH بصورة مضبوطة وإنما يعتمد في ذلك على الكليتين عن طريق طرح أيون H^+.

* ويفرز جميع ايون H^+ عن طريق الانبوبة الملتوية السفلى. ويرتبط افراز H^+ مع عملية امتصاص Na^+ و HCO_3^- كما ذكرنا سابقاً.

يطرح الهيدروجين من البول بواسطة المواد المعادلة Buffers وأهمها HCO_3^- والفوسفات $PO_4^=$

$$PO_4^{=} + H^+ \longrightarrow HPO_4^- + Na^+ \longrightarrow NaHPO_4$$

افراز الأمونيا:

يتم فصل الأمونيا مع الأحماض الامينية وخاصة من الجلوتامين glutamine في خلايا الأنابيب البولية وتسمى عملية الفصل Deamination

إن الأغشية الحية ناضجة بالنسبة للأمونيا ولكنها تتحد بعد إفرازها مع أيون H^+ لتكوين الأمونيوم NH_4^+ الذي لا يستطيع النفوذ إلى الدم. ويتحد أيون NH_4^+ مع أيون سالب مثل Cl^- داخل تجويف الأنابيب البولية ويطرح مع البول. إن عملية إفراز الأمونيا متعلقة بإفراز H^+ وامتصاص Na^+ وذلك يساعد على طرح الأيونات السالبة الفائضة على حاجة الجسم.

إفراز مواد أخرى:

تقوم الأنبوبة الملتوية السفلى بإفراز كثير من الفضلات مثل اليوريا، وحامض اليوريك، والكرياتين. يتم أيضاً إفراز السموم الناتجة من التمثيل الغذائي او الداخلة من الخارج. تفرز أيضاً العقاقير او المواد الناتجة منها مثل البنسلين.

العوامل التي تساعد الكلية على إنجاز وضائفها الأساسية:-

1) ضيق الانابيب الكلوية وطولها:

يسهل عملية التبادل بين الراشح البولي وخلايا هذه الأنابيب لصغر المسافة بينهما. كما أن طول الأنابيب يعطيها المجال الكافي للإمتصاص.

2) زيادة المساحة السطحية للأنابيب الملتوية العليا:

تكون خلايا هذه الأنابيب المبطنة مهدبة Brush like كما ان وجود الطيات Infolding في قاعدة الغشاء البلازمي Basal cell membrane لكل من الأنبوبتين العليا والسفلى يساعد على زيادة مساحة قاعدة الخلايا السطحية. وجود الميتوكوندريا Mitochondria بأعداد كبيرة في مناطق الطيات تكون مصدراً للطاقة للمساعدة في النقل الفعال في المنطقة.

إن زيادة المساحة السطحية يسرع عملية الانتشار diffusion وإعادة الإمتصاص والإفراز.

3) موقع إلتواء هنلي وطبيعة تركيبه يسمح بتكوين مجال اوزموزي تزداد عند تحرك البول من القشرة إلى الحالب.

4) قابلية القنوات المجمعة على تسهيل أو منع التبادل الأزموزي يساهم في تركيز البول او تخفيفه.

5) تسلم الكلية لكميات كبيرة من الدم اكثر من اي عضو في الجسم (ربع كمية الدم الذي يضخه القلب) يضمن قيامها بتنظيم حجوم وتركيب السوائل الجسمية.

كما أن تجهيز الكبيبة الكلوية مباشرة بالدم عن طريق أوعية قصيرة واسعة القطر يساعدها على تكوين ضغطاً ترشيحياً عالياً High Filtration pressure.

النواتج النهائية لعمل النفرونات

ان النواتج النهائية لمجمل عمل نفرونات الكلية يتضمن تنقية الدم من كافة العناصر غير المرغوبة وخاصة النواتج النهائية لايض الجسم والتي تشمل اليوريا urea وحمض البول uric acid واليوريت urates بالاضافة الى الكرياتنين Creatinen. وكذلك تعمل النفرونات على تخليص الجسم من الايونات الزائدة مثل الصوديوم والبوتاسيوم والكلور والهيدروجين وغيرها.



معدل الترشيح الكبيبي Glomerular Filtration Rate, GRF

يسمى السائل الذي يترشح من الكبيبة الى محفظة بومان بالراشح الكبيبي Glomerular Filtrate . أما الغشاء الذي يتم عبره الترشيح فيشابه بقية أغشية الاوعية الشعرية الدموية ما عدا ان نفوذيته اكثر منها بما يقارب ما بين 100 - 1000 مرة.

أما الراشح فيشابه في تركيبه السوائل المترشحة في نهايات الاوعية الشعيرية الشريانية الى السائل البيني حيث لا يحتوي على كريات الدم الحمر ولا البروتينات ذات الاوزان الجزيئية الكبيرة. كما انه يحتوي على نفس الايونات والكهارل الموجودة في السائل البيني.

ويطلق على كمية الراشح الذي يعبر خلال نفرونات الكليتين باجمعها في الدقيقة الواحدة بمعدل الترشيح الكبيبي GFR.

ويبلغ معدل الترشيح الكبيبي في الانسان صحيح الجسم حوالي 125 مليليتر في الدقيقة الواحدة.

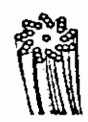
وتقدير كمية الراشح الكبيبي بحوالي 180 لتر في اليوم الواحد وهو ما يعادل ضعف وزن الشخص العادي. يعاد امتصاص ما يقارب 99% منها في النبيبات الكلوية، بينما يستمر 1% فقط منها بالمرور نحو المثانة مكوناً البول.

قياس معدل الترشيح الكبيبي

يمكن قياس معدل الترشيح الكبيبي باستعمال بعض المواد التي تترشح بحرية تامة خلال كبيبات الكلية مثل مادة انيولين Inulin التي تستعمل على نطاق واسع في الانسان وبقية الحيوانات. وتمتاز هذه المادة بأنها خاملة فسيولوجياً حيث لا تشارك في الأفعال الحيوية ولا تفرز ولا يعاد امتصاصها من قبل النبيبات الكلوية.

التصفية المصورية للبلازما Plasma Clearance

ويستعمل مصطلح المصورية Clearance للتعبير عن قدرة الكلية في تصفية البلازما وما تحويه من مواد مختلفة عند مرورها. فمثلاً مرور بلازما تحوي على 0.1 غم في كل 100 ملم3 من البلازما من مادة معينة وطرح 0.1 غم من تلك المادة البول في الدقيقة الواحدة يعني ان 100 ملم3 من المصورية تصفى من هذه المادة في الدقيقة الواحدة.

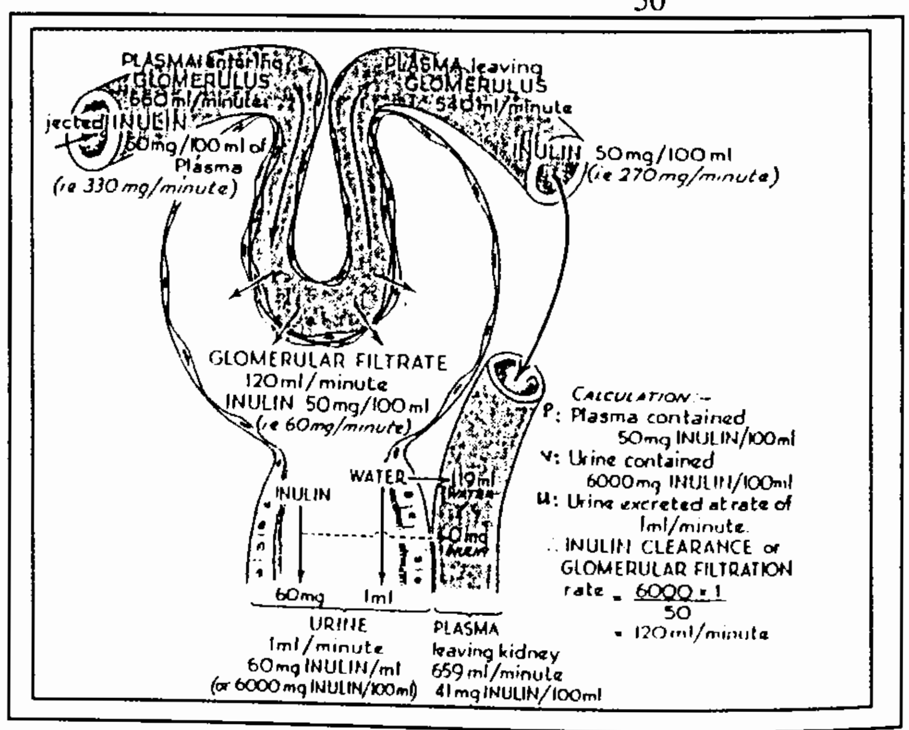


ولغرض قياس التصفية المصورية Clearance تستعمل المعادلة التالية:

التصفية المصورية Clearance = حجم البول × $\frac{\text{تركيز المادة في البول}}{\text{تركيز المادة في بلازما الدم}}$

$$\frac{U}{P} \times V = C$$

وعند قياس التصفية المصورية، تحقن المادة المستعملة عن طريق الوريد I.V مثل مادة انيولين Inulin. وبعد فترة تسحب عينة من الدم. ثم يحسب تركيز المادة في بلازما الدم وكذلك في البول (شكل رقم 8 - 5) وتطبق المعادلة السابقة. وكما نلاحظ في هذا المثال فان البلازما يحتوي على 50 ملغم انيولين في كل 100 ملم^3 ، بينما يحتوي البول على 6000 ملغم انيولين في كل 100 ملم^3. اما البول فيخرج بما معدله ملم^3 واحد في الدقيقة. وبتطبيق المعادلة فان التصفية المصورية = $1 \times \frac{6000}{50}$ = 120 ملم^3 في الدقيقة.



شكل رقم (8 - 5)

استعمال الانيولين لقياس معدل الترشيح الكبيبي في الكلية

التبول Micturition

وهو عملية افراغ المثانة البولية عند امتلائها بالبول. فعند امتلاء المثانة بالتدريج يرتفع التوتر في جدرانها. وعند وصوله الى العتبة يحدث منعكس التبول الذي يسبب الرغبة في التبول.

فعندما لا يكون هناك بول في المثانة يكون الضغط داخلها صفراً. ولكن تجمع ما مقداره 100 ملم 3 من البول يرفع الضغط داخلها والذي يبقى ثابتا على الرغم من زيادة كمية البول حتى يصل ما بين 300 - 400 ملم3 . اما ازدياد كمية البول عن هذا الحد فتؤدي الى رفع الضغط بشكل سريع.

ويشعر الانسان بالرغبة بالتبول عندما يصل حجم البول في المثانة ما مقداره 150 ملم3. اما عندما يبلغ حجم البول 400 ملم3 فيشعر الانسان بالامتلاء الشديد، وعندما يصبح الحجم 700 ملم3 يشعر بالالم وعدم الراحة.

ويحدث منعكس التبول Micturition Reflex عندما تقترب المثانة من وضعية الامتلاء بالتبول. وتبدأ التقلصات نتيجة حدوث منعكسات التمدد Strech Reflexes نتيجة اثاره مستقبلات التمدد Strech Receptors الموجودة في جدار المثانة والمنطقة القريبة من الاحليل. وتمر سيالات عصبية عبر الاعصاب الحوضية الى القطع العجزية وتعود مرة اخرى عبر الالياف نظير الودية الى نفس الاعصاب مسببة الرغبة في التبول.

ويشكل منعكس التبول دوره كاملة تعيد نفسها لمرات عديدة حتى تصل المثانة الى درجة قوية من التقلص وعندها يحدث التبول. اما عدم حصول التبول فيؤدي الى ضعف المنعكس الذي يحدث بعد ثوان عديدة ويستمر لاكثر من دقيقة وبعدها تتوقف دورة التبول الناشئة من المنعكس وينخفض الضغط داخل المثانة لمدة تصل ما بين عدة دقائق الى ساعة ليبدأ منعكس جديد.

ومنعكس التبول هو السبب الرئيس في حصول التبول، ولكن السيطرة على هذا المنعكس تتم بشكل طبيعي عن طريق المراكز العصبية العليا. وتستطيع هذه المراكز ابقاء التبول مثبطاً حتى عند حصول منعكس التبول. كما تعمل هذه المراكز على ابقاء منعكس التبول مثبط جزئياً

طيلة الوقت حتى تحصل الرغبة بالتبول. وعندما يحين وقت التبول فان هذه المراكز تستطيع اثارة منعكس التبول ليحصل تفريغ المثانة.

الخواص العامة للبول

1 - حجم البول Volume : وتقدر في الانسان البالغ بحوالي 1.5 لتر في الرجل و 1.2 لتر في المرأة في اليوم.

2 - الوزن النوعي Specific gravity : ويبلغ ما بين 1.001 - 1.040 وتزداد عن ذلك عند الاصابة بمرض السكر.

3 - تفاعل البول Reaction : ويكون للبول تفاعل حمضي بسيط حيث يصل pH البول حوالي 6 تقريباً ويزداد او يقل تبعاً للغذاء المتناول.

5 - اللون Colour : ويكون لون البول في الحالات الطبيعية اصفر بسبب وجود صبغة يوروكروم urochrome . ويكون اكثر تركيزاً واعمق لوناً في الصباح الباكر. ويتغير اللون عن الاصابة ببعض الامراض حيث يصبح اصفر مخضراً عند الاصابة باليرقان واحمراً عند وجود الدم مثلاً.

5 - الرائحة Odour : تكون رائحة البول الطبيعي عند الانسان خاصة ومتميزة نتيجة وجود مركبات اوروماتيكية Aromatic عند جمعه في البداية، ولكنه يميل الى اظهار رائحة الامونيا عند مضي بعض الوقت بسبب فعل البكتريا التي تحول اليوريا الى امونيا.

6 - شفافية البول: ويكون للبول مظهر شفاف لكنه يتعكر اذا ترك لفترة من الزمن بسبب ترسب مادة المخاطين Mucin وترسب اليوريت urate.

7 - مركبات البول Urine composition

ويحتوي البول على ما نسبته 96% من الماء ومواد لا عضوية مثل الصوديوم والكلور والبوتاسيوم والكالسيوم والفوسفات والسلفات وغيرها ومواد عضوية مثل اليوريا وحامض اليوريك والكرياتنين Creatinine والامونيا وغيرها.

الاصابات المرضية ووجود بعض المواد في البول :

1 – البروتينات: ويزداد وجودها في حالات الاصابات الكلوية كالالتهابات.

2 – الدم: ويظهر في حالة البيله الدموية Haematuria نتيجة وجود الحصيات والاورام والملاريا وغيرها.

3 – سكر العنب : وتسمى الحالة Glucosuria وتظهر عند الاصابة بالسكري او عند تناول كميات كبيرة من الحلويات والمواد السكرية.

4 – الفركتوز: وتسمى الحالة Fractosuria وتظهر عند الاصابة بالسكري ايضاً.

5 – لاكتوز: وتسمى الحالة Lactosuria وتظهر عند النساء في الايام الاخيرة من الحمل.

6 – اجسام كيتونية : وتسمى الحالة Ketonuria وتظهر عند الاصابة بالسكري.

7 – رواسب مواد محلية وخلوية وغيرها.



الفصل التاسع

فسيولوجيا الغدد الصم

Physiology of Endocrine Glands



الغدد الصم Endocrine Glands

يتكون الجسم من ملايين الخلايا التي يجب أن تعمل بانتظام ليبقى الجسم معافى. وتقع مهمة تنسيق عمل هذه الخلايا على عاتق الغدد الصم المنتشرة في داخل الجسم (شكل رقم 9 - 1) التي لها دور رئيس في تنظيم فسيولوجيا النمو والتكاثر فضلاً عن ضرورتها في المحافظة على صحة جسم الانسان أو الحيوان.

شكل رقم (9 - 1)

مواقع انتشار الغدد الصم في الجسم.



وقد استهدف البحث عن الغدد الصم في البداية اغراض اساسية لا تتعدى تربية الحيوان والسيطرة على الاضطرابات الوظيفية التي قد تصيبه ثم تحسين نموه وانتاجه لسد حاجة الانسان المتزايدة لمنتوجاته، ثم توسع بعد ذلك توسعاً كبيراً ليشمل كيمياء الجسم في الانسان والحيوان بأكمله.

ويتكون مصطلح الغدد الصم Endocrine من جزئين، الاول هو Endon ويعني الداخلي Internal، والثاني هو Krinen ويعني تفرز Secrete. لذلك سميت الغدد الصم بالغدد ذوات الافراز الداخلي، وعدت «صماً» لتميزها بعدم وجود قنوات تنقل افرازاتها، أي أنها تفرز محتوياتها الى سوائل الجسم المختلفة مباشرة.

وعلم الغدد الصم هو العلم الذي يدرس عمل الغدد الصم وتأثيراتها في الجسم ولا بد من الاشارة هنا إلى أن الجهاز العصبي يشترك والغدد الصم في تنسيق وظائف الجسم المختلفة. وتفرز الغدد الصم مواد كيمياوية قوية جداً تعرف بالهرمونات.

الهرمونات Hormones :

ويقصد بالهرمونات، المواد الكيمياوية التي تفرزها الغدد الصم الموجودة في داخل الجسم بكميات قليلة، حيث تنقل بعد افرازها بوساطة سوائل الجسم المختلفة ومنها الدم إلى الأعضاء المستهدفة Target organs لغرض تنسيق وظائفها.

ولكل هرمون تركيب كيمياوي خاص. وهذا التركيب مهم جداً في عمل الهرمون لانه يتيح له أن يتفاعل وعدداً من الخلايا فقط التي تعرف بالخلايا المستهدفة. وحين تصل الهرمونات إلى هذه الخلايا يتأثر معدل وظائفها الحيوية حيث يتسرع بعضها بينما يتباطأ البعض الآخر. لذلك لا تبدأ الهرمونات التفاعل كما تفعل الانزيمات وإنما تكتفي بتنظيمه فقط تحفيزاً أو تثبيطاً. كما تختلف الهرمونات عن الفيتامينات بكون الأخيرة تكون ذات دور في تكوين الطاقة اضافة إلى أن معظمها يحصل عليه الجسم من المحيط، بينما ينتج الجسم جميع هرموناته تقريباً.

وتوجد في الجسم بعض المواد الكيمياوية الاخرى التي تعمل على تنسيق وظائفه المتعددة التخصص إلا انها لا تنطبق عليها جميع صفات الهرمونات بشكل أو بآخر ومنها الموثينات أو



البروستكلاندينات Prostaglandins والهستامين Histamin والادينوسين احادي الفوسفور الحلقي cAMP. ويفرز بعض الهرمونات في مكان معين من الجسم ليؤثر في المنطقة المجاورة لافرازه مباشرة من غير أن ينقل بوساطة سوائل الجسم أو الدم مثل النور ابنفرين No-repiniphrine الذي يفرز من الأعصاب الودية الذي يؤثر من الجوار المباشر لمكان افرازه فقط وهو النهايات العصبية.

وقد عرفت الهرمونات وتأثيراتها منذ قديم الزمان. فقد وصفها الطبيب اليوناني أبو قراط Hippocrates والفيلسوف اليوناني ارسطو Aristotile منذ حوالي 322 - 460 قبل الميلاد وأشارا إلى احتمال وجود سيطرة داخلية على بعض وظائف الجسم وفعالياته. ووصف ارسطو تأثير عملية الاخصاء Castration في الطيور والانسان على الرغم من عدم معرفته بميكانيكية حدوث هذا التأثير.

ولم تعرف الصورة الحقيقية لكيفية حدوث هذه السيطرة الا بعد أن بين العالم بوردن Borden عام 1775م بأن الخصية تكون مادة ينقلها الدم لتؤثر في الجسم

أما اول من درس تأثير عملية الاخصاب تجريبياً فهو العالم الالماني بيرثولد Berthold من خلال تجاربه على الديكة الصغيرة Cockerels. وبين اهميتها في نمو وتطور الاعضاء الجنسية الاضافية واظهار الصفات الذكرية مثل نمو العرف والغبب وغيرها.

وفي منتصف القرن التاسع عشر اطلق الباحث الفرنسي برنارد Bernard مصطلح الافراز الداخلي Internal Secretion في وصف تحرر سكر العنب من الكبد إلى الدم ثم إلى الانسجة. واستعمل لفظ هرمون Hormone لاول مرة عام 1905. استعمله العالمان ستارلنك وبايلس Starling & Baylise لوصف هرمون الافرازين Secretin الذي يفرز من الغشاء المبطن للاثني عشر استجابة لمحتوياته المعدة الحامضية ولتحفيز افراز عصارة البنكرياس.

وتعني كلمة هرمون الاغريقية «انا احفز I Excite» لذلك سميت الهرمونات بالمواد المحفزة رغم أن عملها لا يقتصر على التحفيز وإنما يشمل التثبيط أيضاً.

وبمرور السنين اكتشفت هرمونات عديدة وتم استخلاصها وتمييزها كيميائياً ثم تم تصنيعها مثل هرمون الكورتيزون Cortisone من قشرة الغدة الكظرية الذي يستعمل في

علاج التهاب المفاصل الروماتزمي Rhumatic Arthritis . كما استعملت مادة البروجستيرون المستخلصة من الصفصاف المكسيكي "Maxican yam" في منع الحمل عند نساء الهنود الحمر، ولتصنيع الكثير من المواد الصيدلانية المهمة. واكتشفت هرمون الالدوستيرون Al-dosterone الضروري لبقاء الانسان والحيوان على قيد الحياة من قشرة الغدة الكظرية. ولم يمض وقت طويل حتى تم اكتشاف وتصنيع الكثير من الهرمونات التي تكللت في الستينات باكتشاف وتصنيع هرمونات تحت المهاد Hypothalamus. كما عرفت طرق قياس وتقدير مستويات هذه الهرمونات في سوائل الجسم وانسجته التي ساعدت كثيراً في دراسة الهرمونات.

عمل الهرمونات Hormone Action :

تمتلك الاعضاء التي تستهدفها الهرمونات مستقبلات Receptors لنوع الهرمون المؤثر ضمن غشاء الخلية الخارجي. ويعزى تأثير الهرمون إلى تخصص المستقبلات واختلاف تركيبها. فمثلاً تستهدف الهرمونات الستيرويدية الرحم لوجود مستقبلات خاصة في اغشية خلاياه يمكنها الاتحاد بهذه الهرمونات. ويستهدف الغدة الدرقية Thyroid Gland الهرمون المحفز للغدة الدرقية "Thyroid Stimulating Hormone, "TSH.

ويعمل الهرمون بعد اتحاده بالمستقبل على تغيير نشاط الخلية بطريقتين وهي :

1- تحفيز او تثبيط نشاط انزيمات سبق أن تكونت في الخلية. فمثلاً ينشط هرمون الأبنفرين Epinephrine عمل أنزيم الفوسفوريليز phosphorylase الذي يعمل على تحليل الكلايكوجين. وينشط انزيم اللايبيز Lipase تحلل الشحوم الثلاثية الا انه يثبط نشاط انزيم اخر هو Glycogen Synthetase الذي يجمع جزيئات سكر العنب ليعمل منها الكلايكوجين.

2- حث الحامض النووي الرايبي منقوص الاوكسجين دنا DNA على انتاج الحامض النووي الرايبي رنا RNA بأنواعه المختلفة. ويؤدي هذا إلى تكوين بروتينات بضمنها أنزيمات عن طريق الترجمة Translation التي تتم على سطوح الرايبوسومات Ribosomes. لذلك تحفز الهرمونات الخلية على تكوين انزيمات جديدة إضافة إلى تغيير نشاط الانزيمات



الموجودة في السايتوبلازم التي سبق أن تكونت.

وتختلف طبيعة الهرمونات في عملها بإختلاف تركيبها الكيميائي ومقدار وزنها الجزيئي. فالهرمونات البروتينية التركيب ذات الوزن الجزيئي الكبير مثل الهرمون اللوتيني LH تبقى في خارج الخلية بعد اتحادها بمستقبلاتها ولا تدخل بل تكتفي بتحفيز أنزيم الادنيل سايكليز Adenylate Cyclase الموجود في غلاف الخلية.

يمكن تلخيص اسلوب عمل الهرمونات بما ياتي :

أ- يلتقي الهرمون المحدد بالمستقبلات ضمن العضو المستهدف ويكون اللقاء خطوة أولى ويسمى الهرمون الرسول الاول 1st messenger.

ب- يعمل الهرمون (الرسول الاول) على تحفيز أنزيم الادنيل سايكليز في السطح الداخلي لغشاء الخلية لغرض تحويل الادينوسين ثلاثي الفوسفور ATP إلى الادينوسين احادي الفوسفور الحلقي cAMP كخطوة ثانية، والاخير يسمى بالرسول الثاني 2nd messenger ويوفر طاقة لتصنيع البروتين. وتعمل أكثر الهرمونات بالاسلوب المذكور سابقاً مثل الجلوكاجون، والابنفرين و ACTH, FSH, LH وغيرها (شكل رقم 9 - 2).



12
SPECIAL
RECEPTOR
SITE
LH
LH
(1ST MES-
SENGER)
LH
5
ADENYL
CYCLASE
ATP
6
3'-5'-AMP
(2ND MESSENGER)
11
PROGESTERONE
(3RD MESSENGER)
7
INDUCER
PROTEIN
PROTEIN
KINASE
8
RIBOSOMAL
ACTIVATION
10
PREGNENOLONE
+
9
CHOLESTEROL
1
BLOOD
VESSEL
2
CORPUS LUTEUM
CELL MEMBRANE
3
CYTOPLASM
4
MITOCHONDRION

شكل رقم (9 - 2) مخطط يبين طريقة عمل الهرمون اللوتيني على الخلية لتحفيز انتاج الادينوسين احادي الفوسفور الحلقي الذي يعمل كرسول ثاني لتحفيز افراز البروجستيرون (الرسول الثالث).

1- وعاء دموي.	2- غشاء خلية الجسم الأصفر.	3- سايتوبلازم.
4- مايتوكوندريا.	5- ادينايل سايكليز.	6- ادينوسين احادي الفوسفور.
7- بروتين مستحدث.	8- منشط الرايبوسوم.	9- كوليسترول.
10- بركنينولون.	11- بروجستيرون.	12- موضع المستلم الخاص.

جـ- وأخيراً يؤثر cAMP المتكون في تصنيع البروتين الذي يؤثر في الميتوكوندريا لانتاج هرمون يسمى الرسول الثالث 3rd messenger. ولما كانت الخلايا المختلفة تحتوي على مستقبلات مختلفة للهرمونات، افترض أن يكون cAMP هو القاسم المشترك لكل افعال الهرمونات، لأن لكل خلية انزيماتها المختلفة على cAMP.

وعلى الرغم من أن الطريقة السابقة توضح عمل معظم الهرمونات، هناك بعض الاحتمالات الاخرى لفعل بعض الهرمونات مثل مجموعة الهرمونات الستيرويدية Steroids التي تكون صغيرة وسريعة النفاذ عبر غلاف الخلية وبغير الحاجة إلى الرسول الثاني، حيث تنقل هذه

الهرمونات بوساطة ناقلات Carriers متخصصة في ارجاء السايتوبلازم حتى تصل إلى الكروموسومات لتتحد بعد ذلك بالبروتينات النووية للكروموسومات فترفع الكبح عن الدنا DNA وتحفز استنساخه.

وهناك طريقة اخرى تحدد عمل الهرمون "لعضو معين"، وهي حالة سلف الهرمون Pro-hormone. حيث يفرز الهرمون بحالة غير فعالة ويستمر بالدوران في الدم حيث يتطلب تحويله الى هرمون فعال وجود انزيمات خاصة تكون موجودة في المستقبلات نفسها ومثال ذلك انزيم 5-reductase الذي يحول هرمون الشحمون الخصوي Testosterone غير الفعال إلى هرمونه الثنائي الهايدروجين Dihydrotestosterone الفعال. ويتركز وجود الانزيم في البروستات او الغدد اللاحقة الاخرى. وان بعض المواد الفعالة مثل البروستكلاندينات او الموثينات تتحطم بسرعة لخفض تأثيرها على بقية أجزاء الجسم إلى أدنى مستوى، وذلك عند دورانها في الدم ووصولها إلى الرئتين لمرة واحدة.

تنظيم تكوين وافراز الهرمونات :

ينظم الجسم نشاط الغدد الصم وتكوين الهرمونات وافرازها بحسب حاجته وضمن حدود معينة وبطرق مختلفة تلخيصها بما يأتي :

1- التنظيم الخلطي Humoral regulation :

ويقصد بذلك اختلاف مستويات تركيز المادة المنتجة. فمثلاً يؤدي ارتفاع مستوى سكر العنب في الدم إلى افراز الانسولين Insulin (الخافض لمستوى سكر الدم) من البنكرياس. اما انخفاض مستوى سكر العنب عن المستوى الطبيعي فيؤدي إلى افراز الجلوكاجون Glu-cagon (الرافع لمستوى سكر الدم) الذي يسبب انطلاق السكر من مواقع خزنه في الكبد (على شكل جلايكوجين) ليرفع مستواه في الدم.

ويؤثر اختلاف مستويات هرمونات معينة في الدم في تنظيم مستويات هرمونات اخرى عن طريق ما يعرف بمكننة التغذية الاسترجاعية Feedback Mechanism التي تكون على نوعين، فاما أن تكون موجبة Possitive أو سالبة Negative . فلو اخذنا مثلا تنظيم مستوى الهرمون المحفز للدرقية TSH بوساطة الثايروكسين، لوجدنا أن نقص الثايروكسين في الدم يؤدي إلى



انطلاق بعض الهرمونات المحررة من الدماغ تحت الغدة النخامية على افراز الهرمون المحفز للدرقية الذي يحفز الغدة لافراز الثايروكسين.

بينما نجد أن زيادة الثايروكسين تؤثر في تحت المهاد لخفض الهرمونات المحررة المفرزة وبذلك ينخفض افراز الهرمون المحفز للدرقية ثم ينخفض افراز الغدة من الثايروكسين.

والمثال الاخر على التغذية الاسترجاعية هو ما يحدث في الاناث بعد حصول عملية الاباضة Ovulation، حيث يتكون الجسم الأصفر Corpus luteum الذي يبدأ بافراز هرمون البروجستيرون الذي يمنع عند افرازه مدة طويلة عودة الدوره التناسلية وهذا ما يحدث عند حصول الحمل.

فزيادة البروجستيرون في الدم تؤثر في الغدة النخامية وتمنعها من افراز هرمون محفز الجريبات FSH والهرمون اللوتيني LH فتقل الاستجابة لهذين الهرمونين وبذلك يمنع تكون البيوض وتتوقف الدورة. لذلك تمثل العلاقة بين البروجستيرون والغدة النخامية علاقة تغذية استرجاعية سالبة.

2- التنظيم العصبي Neural regulation

ويتم عن طريق الاعصاب المجهزة للغدد الصم التي تسيطر على تنظيم افراز الهرمونات فيها. ومثال ذلك ما يحدث في لب الغدة الكظرية التي تتحفز لافرازه هرمون الابنفرين عند تحفز الاعصاب الودية المجهزة لها عند حدوث حافز عصبي في حالة الانفعالات العاطفية أو حالات الخوف والهلع وغيرها.

كما أن هناك طريقة اخرى تتمثل في اسلوب توسط منطقة ما تحت المهاد Hypothalamus مثل ما يحدث من تأثير للضوء على فسيولوجيا التناسل في بعض الحيوانات.

فالموجات الضوئية تصل عن طريق الاعصاب إلى الغدة الصنوبرية Pineal Gland وتؤثر في نشاط ما تحت المهاد. فقصر النهار في فصل الشتاء مثلاً يؤدي إلى افراز الغدة الصنوبرية هرمون الميلاتونين Melatonin الذي يثبط بدوره افراز هرمون محفز الجريبات FSH والهرمون اللوتيني LH من الغدة النخامية.

ويختلف تأثير السيطرة العصبية عن تأثير السيطرة الهرمونية بناحيتين هما :



أ- يستغرق زمن التنسيق العصبي فترة قصيرة جداً مقارنة بزمن التنسيق الهرموني.

ب- يكون اثر التنسيق العصبي موضعياً في حين يأخذ تأثير الهرمون مجالاً اوسع تقريباً.

3- التنظيم الوراثي Genatic regulation

لقد اظهرت البحوث أن للتركيب الوراثي تأثيراً على مستوى الهرمونات المختلفة وافرازها. فقد وجد مثلاً أن مستوى هرمون النمو في دم الخنازير من الأنواع الكبيرة الحجم أكثر منه في الخنازير من الأنواع الصغيرة الحجم.

طرائق دراسة الهرمونات :

هناك عدد من الطرائق المستعملة لدراسة الهرمونات والغدد أو الأعضاء التي تقوم بافرازها وهي باختصار كما يأتي :

1- طريقة استئصال الغدة أو العضو جراحياً، ثم دراسة التغيرات والصفات التي تطرأ على الحيوان نتيجة هذا الاستئصال.

2- طريقة زراعة الغدة أو العضو المستأصل سابقاً، ثم دراسة وملاحظة عودة الصفات التي فقدت نتيجة الاستئصال اولاً.

3- استخلاص مادة الغدة أو العضو ودراسة تأثير هذه الخلاصة Extract بعد تصفيتها وتنقيتها وحقنها في بعض الصفات في الحيوانات المختبرية. وتعتبر هذه الطريقة سهلة، وتعطي نتائج سريعة وقيمة.

نقل الهرمونات

تخزن الهرمونات البروتينية في الغدد التي تكونها لاستعمالها عند الحاجة. اما الهرمونات الستيرويدية فإنها لا تخزن وإنما تفرز حال انتاجها. وتنقل الهرمونات بعد افرازها. في سوائل الجسم المختلفة التي يشكل الدم جزأها الأكبر.

ويحتوي بلازما الدم على بروتينات متخصصة لنقل الهرمونات مثل الكلوبيولين الناقل للثايروكسين "Thyroxin Binding Globulin "TBG، والكلوبيولين الناقل للهرمونات القشرية "CBG" الكلوبيولين الناقل للهرمونات الجنسية "SHBG" وغيرها.



ويزيد ارتباط الهرمون بالبروتين من قابلية ذوبانها في الوسط المائي ويمنع خروجها من الاوعية الدموية، كما يطيل بقاءها في الدم ويزيد من عمرها. ويكون الهرمون فعال ما دام مرتبطاً بالبروتين لحين تحرره لتسليط فعله على العضو المستهدف.

Protein	Free Steroid	Protein-Steroid complex
⊏ +	◁ ⟶	⊏◁

الأصناف الكيميائية للهرمونات :

تصنف الهرمونات حسب تركيبها الكيميائي الى ما يأتي :

1- **هرمونات تتكون من حوامض امينية Amino acids وتشمل :**

أ- هرمونات بروتينية بسيطة Simple proteins مثل هرمون الحليب وهرمون محفز قشرة الغدة الكظرية وهرمون النمو والانسولين والباراثارمون والهرمون المرخي.

ب- هرمونات بروتينية كاربوهيدراتية Glycoprotein مثل الهرمون اللوتيني وهرمون محفز الجريبات وهرمون محفز الدرقية.

جـ- هرمونات لا يتعدى تركيبها سلسلة قصيرة من الأحماض الأمينية الببتيدية Peptides مثل الهرمونات المحررة من تحت المهاد المحفزة والمثبطة وهرمونات المعدة والأمعاء والثايروكسين والابنفرين والنورابنفرين.

2- **الهرمونات السيترويدية** Steriod Hormones

وتمتلك جميع هذه الهرمونات نواة ستيرويدية تتكون من اربع حلقات (4 Rings) ثلاث منها سداسية، والرابع خماسي وتسمى هذه النواة

Cyclopentanoperhydrophenantherene وتشمل هرمونات قشرة الغدة الكظرية الهرمونات الجنسية الذكرية (الاندروجينات) والأنثوية (الاستروجينات والبروجستينات).



هرمونات تحت المهاد المنظمة للغدة النخامية

Hypothalamic Hypophyseal Regulating Hormones

تفرز هذه الهرمونات خلايا متخصصة موجودة في ما تحت المهاد، وتتميز بكونها اما هرمونات محررة Releasing Hormones "RH" او مثبطة Inhibiting Hormones "IH". وتعد هذه الهرمونات حلقة الوصل بين التأثيرات والافعال العصبية الخارجية وتحويلها إلى تأثيرات هرمونية. وتتميز هذه الهرمونات بما يأتي :

1- يمكن استخلاصها مما تحت المهاد.

2- يمكن للهرمون المستخلص تغيير افراز هرمون نخامي خاص به في الخارج عند زرع نسيجه وابطال مفعوله عند ازالته.

3- وجود توافق بين الهرمونات المحررة وافراز الهرمونات في الغدة النخامية.

فمثلاً زيادة الهرمونات المحرضة للقند "Gn RH" ترافق زيادة الهرمون اللوتيني في الوقت نفسه.

اما عمل هذه الهرمونات فيمكن تلخيصه بما يأتي :

تنتج هذه الهرمونات ضمن الخلايا العصبية مما تحت المهاد، ثم تنقل عبر محاور هذه الخلايا الى النهايات العصبية، حيث تطلق من هذه النهايات استجابة لتأثير حافز عصبي معين، وتنقل بعد ذلك عن طريق اوعية بابية متخصصة الى خلايا الفص الامامي للغدة النخامية الذي يستجيب بإطلاق الهرمون الملائم لعمل الهرمون المحرر.أما أهم الهرمونات أو العوامل المحررة والمثبطة التي تم الكشف عنها فهي :

1- هرمون محرر هرمونات محرضة القند Gn RH أو الهرمونات المحررة لمغذيات المناسل.

2- هرمون محرر هرمون محفز الدرقية TRH.

3- عامل محرر هرمون حليب PRF.

4- عامل مثبط افراز هرمون الحليب PIF.

5- عامل محرر هرمون النمو GRF أو SRF .

6- هرمون مثبط هرمون النمو GIH أو SIH.

7- العامل المحرر لمغذي قشرة الكظر CRF أو ACTH - RF.

8- هرمون محرر هرمون محفز خلايا الميلانين MRH أو MSH - RH.

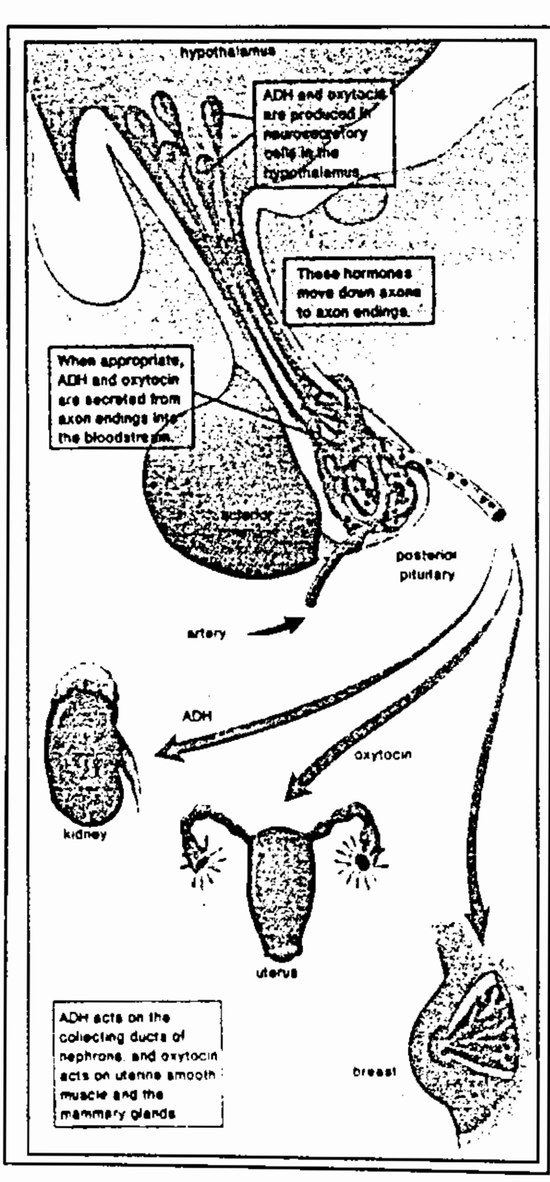
9- هرمون مثبط هرمون محفز خلايا الميلانين MIH أو MSH - IH.

الغدة النخامية Pituitary Gland

الغدة النخامية هي سيدة الغدد في الجسم، وتسمى باللاتينية Hypophysis Cerebri تقع في انخفاض عظمي على قاعدة الدماغ يعرف بالحفرة النخامية. وقد عدت هذه الغدة امتداداً تشريحياً ووظيفياً للجهاز العصبي المركزي. كما أنها تكون مع ما تحت المهاد جهاز واحد يرحل المعلومات من اجزاء الدماغ العليا الى الجهاز الصمي. وتشمل الغدة النخامية جزأين متميزين هما :

1- الجزء النخامي العصبي Neuro-hypophysis :

ويشمل الفص الخلفي Posterior Lobe من الغدة، حيث يبقى متصلاً بما تحت المهاد بساق عصبي Stalk.



شكل رقم (9 - 3)

شكل يبين كيفية تكوين الهرمونات في تحت المهاد ثم خزنها في الجزء النخامي العصبي للغدة النخامية

ويتكون هذا الجزء من خلايا نخامية



Pituicytes والياف عصبية غير مغمدة رفيعة تنشأ من النواة فوق البصرية Supraoptic Nucleus "SON" ونواة تحت البطين Paraventricular Nucleus "PVN" لما تحت المهاد، لتنتهي بالجزء العصبي للغدة. لذلك تتكون هرمونات هذا الجزء من نواتي ما تحت المهاد المذكورتين، حيث تنتقل هذه الهرمونات متحدة ببروتين النيوروفيزين Neurophysin المتكون في النواتين على طول محاور ما تحت المهاد والغدة النخامية إلى الجزء العصبي لتخزن هناك بإنتظار الحافز.(شكل رقم 9 - 3).

2- **الجزء النخامي الغدي** Adenohypophysis

ويشمل الفص الامامي Anterior Lobe والفص الوسطي Intermediate Lobe، (شكل رقم 9 - 4) حيث يعمل هذا الجزء على الاحاطة بالجزء العصبي من الغدة. ويتكون الجزء النخامي الغدى من نوعين من الخلايا وهي الخلايا اليفة الصبغة Chromophils التي تتقبل حبيباتها الصبغة بسهولة والخلايا النافرة الصبغة Chromophobes التي لا تتقبل حبيباتها الصبغة. وتكون الخلايا نافرة الصبغة مصدراً للخلايا اليفة الصبغة. وتشمل الخلايا أليفة الصبغة نوعين من الخلايا :

أ- **خلايا حمضية** Acidophils **وتقسم الى :**

1- خلايا جسمية Somatotrophs وتفرز هرمون النمو "GH".

2- خلايا لبنية Lactotrophs وتفرز هرمون الحليب Prolactin.

ب- **خلايا قاعدية** Basophils **وتقسم الى :**

1- خلايا منسلية Gonadotrophs وتفرز هرمونين FSH و LH.

2- خلايا درقية Thyrotrophs وتفرز هرمون محفز الدرقية TSH.

3- خلايا قشرية Corticotrophs وتفرز هرمون محفز قشرة الكظر ACTH.

هرمونات الجزء الخلفي العصبي :

وهذه الهرمونات لا تصنعها الغدة النخامية نفسها وإنما خلايا عصبية من الدماغ تجاور الغدة، ثم تخزن الهرمونات في الفص الخلفي لتطلق عند الحاجة وهذه الهرمونات هي :



شكل رقم (9-4): الجزء النخامي الغدي للغدة النخامية وهرموناته

1- هرمون معجل الولادة Ocytocin

ويصنع هذا الهرمون في النوى جنيب البطين "PVN" لما تحت المهاد وينقل على طول محاور المسار العصبي فوق البصرى النخامي ليخزن في الفراغات المجاورة للفص الخلفي متحداً ببروتين رابط.

ويسبب هرمون معجل الولادة تقلصاً في العضلات الملساء للجهاز التناسلي الانثوي حيث يساعد على تعجيل عملية الوضع عند الحوامل وكذلك يزيد من نقل النطف خلال قناتي الرحم الى مكان الاخصاب.



ويعمل هذا الهرمون على تحفيز تقلص الخلايا الطلائية لعنبات الغدد اللبنية مسبباً ادرار الحليب. ويتحفز افراز الهرمون بوساطة الرضاعة اضافة إلى أن توسع المهبل في أثناء الولادة يمكن أن يسبب تحفيز افراز الهرمون.

2- هرمون مانع التبول "Antidiuretic Hormone "ADH.

ويصنع هذا الهرمون في النوى فوق البصرية "SON" لما تحت المهاد. ويسمى ايضاً بالفازوبرسين Vasopressin لتأثيره على حجم الاوعية الدموية عند اعطائه بكميات كبيرة. ويعمل هذا الهرمون على زيادة اعادة امتصاص الماء المترشح من الكبيبات الكلوية عن طريق زيادة امتصاصه في الانابيب الملتوية السفلى ثم انه يزيد من ضغط الدم عند اعطائه بجرع عالية عن طريق الاوعية الدموية.

ولتشابه هذا الهرمون بهرمون معجل الولادة في التركيب الكيميائي يكون عملهما متشابهاً تقريباً ولا يختلف احدهما عن الآخر الا بمقدار الجرعة.

هرمونات الجزء الامامي الغدي :

ويصنع الفص الأمامي للغدة النخامية هرموناته التي يفرزها وهي :

1- هرمون النمو Growth Hormone :

ويحفز هذا الهرمون نمو انسجة الجسم الرخوة كالعضلات والصلبة كالعظام. ويعد من الهرمونات الابتنائية Anabolic للانسجة. ثم انه يكون مع هرمون الحليب جزءاً من المنظم النخامي لادرار الحليب ويسهم في تكوين الثدي للحليب. ويعمل الهرمون على تقليل استثمار انسجة الجسم للسكر ويزيد من مستواه في الدم، وكذلك يحفز تحلل الدهون مجهزاً عضلات الجسم بالأحماض الشحمية.

وتؤدي قلة الهرمون إلى توقف النمو أو حالة القزامة "Dwarfism" بينما تؤدي زيادة مستواه قبل البلوغ إلى ما يعرف بالعملقة Giantism (شكل رقم 9 - 5) . اما زيادة مستوى الهرمون بعد البلوغ فتؤدي إلى حصول نمو غير متناسق في الجسم تدعى ضخامة الأطراف Acromegally .

ومن البديهي أن يتوقف نمو الجسم بعد البلوغ نتيجة زيادة افراز الهرمونات الجنسية وهي الاستروجين في الاناث والاندروجين في الذكور التي تقلل من مستوى هرمون النمو.



شكل رقم (9 - 5)

الفرق في الطول بين القزامة والعملقة والتي يمكن تفسيرها بقله او زياده هرمون النمو من الجزء الامامي الغدي للغده النخاميه

2- هرمون الحليب Prolactin :

وهو من الهرمونات الابتنائية للانسجة، ويسمى ايضاً بهرمون محفز تكوين الحليب، كما يتميز في اللبائن بعاملين مهمين هما اشتراكه وهرمون النمو وهرمون محفز قشرة الغدة الكظرية ACTH بوصفهما جزءاً من المنظم النخامي لادرار الحليب. ويعمل متعاوناً والاستروجين والبروجستيرون في نمو وتطور الغدد اللبنية.

كما أن له تأثيراً محفزاً لنمو وبقاء الجسم الأصفر في بعض أنواع الحيوانات كالفأر والجرذ وذلك من خلال تعاونه والهرمون اللوتيني LH. ويعمل هرمون الحليب في الانسان عمل هرمون النمو. ويعتقد أن هذا الهرمون هو الذي يحفز عاطفة الامومة في الدواجن ويدفعها لاحتضان البيض حتى التفقيس.

3- الهرمونات محرضة القند أو المنسل :

وتشمل هرمونين هما الهرمون المحفز للجريبات FSH والهرمون اللوتيني أو هرمون الاباضة LH. ويتم افراز هذين الهرمونين تحت سيطرة هرمون محرر الهرمونات محرضة القند Gn RH بوساطة آلية التغذية الاسترجاعية. لذلك وصفت العلاقة بين الغدة النخامية والغدة التناسلية مثل الخصى بأنها عملية خدمة متبادلة. فوجود مستويات واطئة من الهرمونات الذكرية تحفز الغدة النخامية لافراز الهرمونات محرضة القند بصورة اكثر. وفي



مقابل ذلك يثبط وجود كميات عالية من هذا الهرمون الغدة النخامية وافرازها من الهرمونات المحرضة القند ويؤدي إلى هبوط نشاط الخصى، وبذلك يؤثر في عملية نشأة النطفة وفي افراز الهرمونات الذكرية. ويفرز هرموني الـ FSH والـ LH من الغدة النخامية للذكر حيث يسمى الهرمون اللوتيني LH المفرز عند الذكر بالهرمون محفز الخلايا البينية "ICSH".

كما تفرز بعض الهرمونات المشابهة في اناث الحيوانات مثل هرمون مصل الفرس الحامل "PMSG" ما بين اليوم 40 - 140 من الحمل الذي يشبه فعله هرمون محفز الجريب FSH. ويفرز هرمون آخر من مشيمة الأم الحامل يظهر في البول ويعرف بالهرمون محرض القند الكوريوني البشري "HCG" وهو الهرمون الذي يكشف عنه في البول لغرض تشخيص الحمل في النساء ويعمل على ادامة الجسم الاصفر في بداية الحمل.

ويعمل FSH في الاناث على نمو وتطوير جريبات المبيض بما في ذلك نمو الخلايا الحبيبية Granulosa Cells. اما في الذكور فيعمل FSH على نمو ونضوج النطف في النبيبات المنوية ولا سيما في مرحلة تحويل طلائع النطف إلى نطف إضافة إلى تحفيز خلايا سرتولي.

أما الهرمون اللوتيني فله عدد من الأفعال المتميزة في الإناث حيث يعمل على تحفيز صنع الستيرويدات بوساطة خلايا المبيض. كما أنه يسبب زيادة جريان الدم في المبيض وكذلك زيادة وزنه اضافة إلى احداث الإباضة، لذلك سمي بهرمون الإباضة. ويمكن إحداث الإباضة في اناث الحيوانات بإعطاء FSH لوحده أو متحداً مع LH في التجارب المختبرية. كما يعمل LH على تحفيز تكون الجسم الاصفر بعد الإباضة.

أما في الذكور فيحفز ICSH افراز الهرمونات الذكرية Androgens من خلال الخلايا البينية للخصية (خلايا ليدك) اضافة إلى أنه يساعد على نشأة النطفة. كما اظهرت التجارب أن FSH و LH اساسيان لتصنيع الاستروجين .

إن الهرمونات المحرضة القند شأنها شأن كل الهرمونات التي يفرزها الفص الامامي للغدة النخامية ذات طبيعة بروتينية وتركيب كيميائي معقد. لذلك تختلف عن الهرمونات الذكرية



(الاندروجينات) والهرمونات الانثوية (الاستروجينات والبروجستينات). فأساس تكوين أو تصنيع هذه الهرمونات جميعاً هي الخلات أو الاسيتات Acetates التي تتحول بعد ذلك الى مركب هرموني خامل يسمى الكوليسترول Cholestrol الذي يحول في كلا الجنسين الى بريكنينولون Pregenenolone وبروجستيرون Progesterone.

ويفرز البروجستيرون في الأنثى من الجسم الأصفر للمبيض، ويوجد بكميات كبيرة خلال فترة الحمل أيضاً. اما في الذكور فيصنع البريكنينولون إلى هرمون ذكري ضعيف هو الاندروستينيديون Androstanidion الذي يتحول راجعاً إلى الهرمون المعروف بالشحمون الخصوي "Testosterone".

4 - هرمون محفز الدرقية TSH

ويتكون هذا الهرمون من بروتين كاربوهيدراتي، ويتألف من وحدتين ثانويتين هما الفا وبيتا، ويعمل هرمون محفز الدرقية على تحفيز الغدة الدرقية لتكوين وافراز هرموناتها وهي "T3" Triiodothyronine و "T4" Tetraiodothyronine ويعرف الاخير بالثايروكسين Thyroxin وتحفز الغدة عن طريق زيادة قابليتها لالتقاط ايونات اليود من الدم. ويسرع هرمون محفز الدرقية في تكوين T3 و T4 وتحفيز تحلل البروتين الذي يتحد بهذين الهرمونين المسمى بالثايروكلوبيولين Thyroglobulin المخزون في جوف عنبات الغدة الدرقية لغرض تحرير هذه الهرمونات إلى الدم.

وقد وجد أن الكبت والكآبة والانفعالات النفسية والعصبية وانخفاض درجة الحرارة تزيد من افراز هرمون محفز الدرقية مما تحت المهاد وبذلك يرتفع مستواه في الدم.

وتشارك هرمونات الغدة الدرقية ومنها الثايروكسين في تنظيم هرمون محفز الدرقية في الدم عن طريق التغذية الاسترجاعية السالبة على مستوى ما تحت المهاد والغدة النخامية.

5- هرمون محفز قشرة الكظر ACTH

لقد تم حديثاً العثور على هذا الهرمون في الجزء الأسفل مما تحت المهاد وكذلك الفص الامامي والوسطي للغدة النخامية. وتسهم اجزاء الدماغ وما تحت المهاد في تنظيم هذا الهرمون. كما ظهر ان الكبت النفسي والانفعالات العصبية تحفز افراز هذا الهرمون من الغدة النخامية.



ويعمل الهرمون على تحفيز قشرة الغدة الكظرية لافراز الهرمونات القشرية الجلوكوزية Glucocorticoids، وكذلك الهرمونات الجنسية الستيرويدية. كما يعمل الهرمون على افراز هرمون مكون كريات الدم الحمر Erythropoietin من الكلية الذي يحفز نخاع العظام لتكوين الكريات الحمر.

أما زيادة مستوى الهرمون فتسبب اعطاء الجلد لوناً داكناً حيث يشابه عمله في هذه الحالة عمل هرمون محفز خلايا الميلانين MSH نظراً لتشابه تركيبها الكيميائي.

أما اضطرابات مستوى هرمون محفز قشرة الكظرية فتسبب مرض اديسون Addison disease في الإنسان، حيث يتلون جلد المصاب بلون داكن اضافة إلى انخفاض سكر الدم وقلة الضغط. وقد تظهر في بعض المصابين اعراض كشنك واعراض كون نتيجة لاضطراب مستوى الهرمون في الجسم التي سنتكلم عليها لاحقاً.

6- هرمون محفز خلايا الميلانين MSH

وهو الهرمون الوحيد الذي ينشأ من الفص الوسطي للغدة النخامية ويتكون من نوعين هما الفا وبيتا. وينظم مستوى الهرمون بوساطة الهرمونات المحررة والمثبطة من تحت المهاد.

كما يزيد هذا الهرمون من عمق لون جلد الاسماك والبرمائيات بسبب انتشار صبغة الميلانين Melanin في خلايا الجلد والمسماة Melanophores. كما قد تسبب الكميات الكبيرة من هذا الهرمون اسوداد لون البشرة في الانسان كما يفعل هرمون محفز قشرة الكظرية.

الغدة الدرقية Thyroid Gland

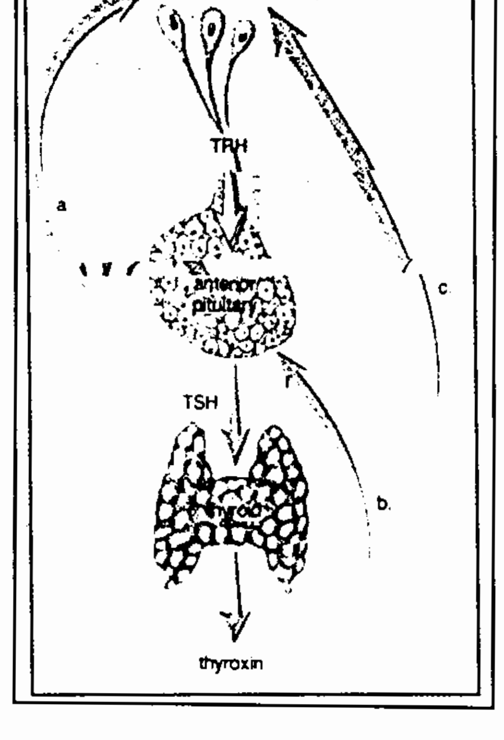
تقع الغدة الدرقية في الرقبة تحت الحنجرة، وتكون أكبر من الغدة النخامية وتحتوي على فصين يغطيان السطح البطني الاعلى للقصبة الهوائية (الرغامي). وتعني كلمة ثايرويد "Thyroid" شكل الدرع Shield-shape لانها تشبه الدرع في مظهرها الخارجي. كما أن حالة تضخم الغدة الدرقية (Goiter) المعروفة، تنتج من قلة نشاط الغدة بسبب نقصان اليود في الطعام حيث أن للغدة – الدرقية القابلية على التقاط أيون اليود وذلك ساعد على دراستها



باستعمال اليود المشع (شكل رقم 9 - 6 أ و ب).

وتتكون الغدة من جريبات Follicules تتكون في داخلها الهرمونات حيث تخزن في التجاويف التي تحيطها طبقة طلائية تبطن الجريبات. ويحتوي التجويف على مادة غروية تصبغ باللون الأصفر المائل إلى الحمرة.

وتقع الخلايا التي تفرز هرمون كالسيتونين الدرقية "Thyrocalcitonin,"TCT والمعروفة بخلايا س (C-Cells) بين خلايا الجريبات، وتتميز بكثرة حبيباتها الافرازية تحت المجهر.



شكل رقم (9 - 16)

كيفية تنظيم ا هرمونات الغدة الدرقية في الإنسان



شكل رقم (9 - 6 ب)

امراة مصابة بتضخم الغده الدرقية (الدراق)

PLASMA THYROID CELL

COLLOID

THYROGLOBULIN MOLECULE

I^- → Active transport → I^- (Iodide) → I (Iodine)

Tyrosine

3-Monoiodotyrosine (MIT)

3.6 Diiodotyrosine (DIT)

DIT+DIT → Alanine+ Thyroxine (T4)

MIT + DIT Alanine + Triiodothyronine (T3)

DIT- + MIT Alanine + Triiodothyronine (reverse T3)

شكل رقم (9 - 7)

مخطط يبين كيفية تكون هرمونات الغدة الدرقية نتيجة تجمع ايونات اليود من البلازما وربطها بحامض اميني هو التايروسين لتكوين جزيئة الثايروكلوربيولين.

وتعمل الغدة الدرقية على تجميع أيونات اليود من بلازما الدم (شكل رقم 9 - 7) وربطها بحامض اميني هو التايروسين Tyrosine حيث يتركز اليود في داخل الخلايا الطلائية وبمعدل 300 - 500 مرة عما هو عليه في الدم لتكوين هرمونات الغدة كما يأتي :

$2I^-$ (Iodide) ⟶ I_2 (Iodine)

I + Tyrosine ⟶ Monoiodotyrosine (MIT)

MIT + I ⟶ Diiodotyrosine (DIT)

MIT + DIT ⟶ Triioidothyronine (T3)

DIT + DIT ⟶ Tetraiodothyronine or Thyroxin (T4)

وتخزن هرمونات الغدة الدرقية المتكونة بهذه الطريقة وهي T3 و T4 في داخل تجاويف الجريبات بعد ارتباطها بكلوبيولين الدرقية Thyroglobulin الذي يتحلل عند الحاجة بوساطة انزيم البروتييز Protease الموجود في الخلايا الطلائية ومحرراً هرمونات الغدة.

ويعد هرمون الثايروكسين (T4) اقل فعالية من الناحية البايولوجية من (T3) وذلك لسهولة انفصال الاخير من البروتينات واتحاده بالمستقبلات الموجودة في جدران خلايا الاعضاء المستهدفة.

وتعمل هرمونات الغدة الدرقية على تنظيم نمو وتخصص خلايا الجسم. كما ان ارتفاع مستوياتها في الدم يساعد على زيادة استهلاك الاوكسجين المستعمل في أكسدة الغذاء مما يسبب قلة انتاج الطاقة.

وتعمل هذه الهرمونات على زيادة الأيض الاساسي في الجسم واستهلاك الكاربوهيدرات وزيادة تهديم البروتينات Protein Catabolism واستهلاك الدهون Lipolysis وبذلك تؤدي إلى قلة وزن الجسم ونحافته. واظهرت الدراسات أن نقص هرمون الثايروكسين يسبب الخمول العقلي والبلاهة والسمنة المفرطة لذلك عولج نقص نشاط الغدة «نقص الدرقية» Hy-pothyroidism في الإنسان باستخدام مستخلص الغدة من الأغنام.

وتحتاج خلايا الجسم إلى هرمون الثايروكسين لاتمام وظائفها، وهو ضروري لنمو العظام وتكوين الحليب وافرازه وقيام أعضاء التناسل بوظائفها الطبيعية. كما ان نقصانه يسبب فقدان الرغبة الجنسية والاجهاض في الحوامل.

اما زيادة مستوى الهرمون فتؤدي إلى ارتفاع ضغط الدم وسرعة النبض والتنفس وزيادة سرعة حركة الأمعاء والإسهال وزيادة كمية الطعام المتناول وارتجاف العضلات وقلة الوزن، اضافة إلى سرعة التهيج والانفعال نتيجة تهيج الدماغ. وهناك عدد من المواد التي تثبط عمل الغدة الدرقية نتيجة منعها من اصطياد ايون اليود مثل اللهانة Cabbage وفول الصويا Soy-abea.



اما قلة اليود في طعام الانسان والحيوانات غير البالغة فتسبب قصر القامة Dwarfism أو حالة القزامة واضطرابات الجهاز العصبي المركزي والبلاهة وجفاف الجلد وزيادة تقشره والسمنة المفرطة أحياناً وارتفاع كمية الكوليسترول في الدم وتسمى هذه الحالة بالقماة Cre-tinism.

وتسبب قلة اليود في الإنسان والحيوانات البالغة إلى ظهور أعراض مرض الخزب Myx-edema المشابهة لأعراض مرض القماة.

أما زيادة فعالية الغدة الدرقية «فرط الدرقية» Hyperthyroidism أو ما تعرف بتسمم الدرقية Thyrotoxicosis فيسبب النحافة نتيجة زيادة استهلاك البروتينات والدهون حيث يصبح المصاب ضعيفاً وكثير التعرق وذا عينين جاحضتين وجافتين من الدمع وهو ما يعرف بمرض كريف Grave disease.

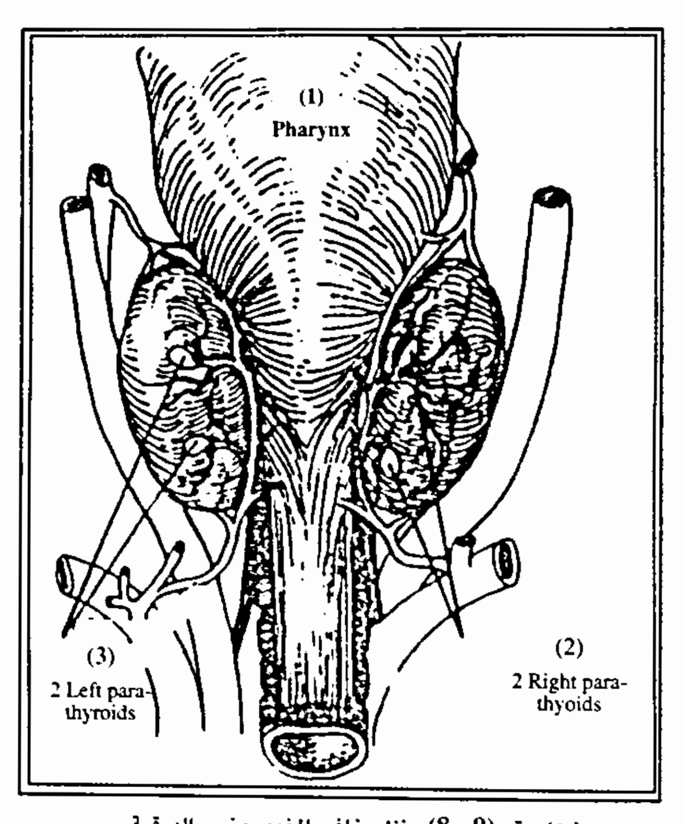
وتسيطر الغدة النخامية على الهرمونات التي تفرزها الغدة الدرقية بوساطة آلية التغذية الاسترجاعية، حيث يؤدي نقص الثايروكسين في الدم إلى انطلاق هرمونات محررة مما تحت المهاد تحث الغدة الدرقية لافراز هرمون محفز الدرقية TSH الذي يحفز الغدة على افراز الثايروكسين. اما زيادة الثايروكسين فيؤثر في الهرمونات المحررة المفرزة ويقلل من افرازها وبذلك يقل افراز هرمون محفز الدرقية ويقل انتاج الثايروكسين وهكذا.

أما هرمون كالسيتونين الدرقية Thyrocalcitonin فيتكون من خلايا س (C Cells) الموجودة في الغدة الدرقية للبائن وسوف نتكلم عنه ضمن الهرمونات المنظمة للكالسيوم.

الغدد جنيب الدرقية Parathyroid Glands

وهي عبارة عن اربعة عناقيد من الخلايا تشكل زوجين من الغدد التي تقع على الجزء الامامي من الرقبة، وهي أصغر الغدد في الجسم (شكل رقم 9 - 8).



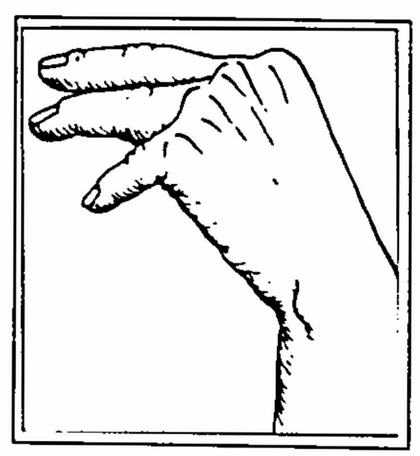


شكل رقم (9 - 8) منظر خلفي للغدد جنيب الدرقية.

1- البلعوم. 2- الغدد جنيب الدرقية اليمنى. 3-الغدد جنيب الدرقية اليسرى.

ففي عام 1897 وجد العالم كلي Gley أن إزالة جنيب الدرقية تسبب ما يعرف بالتكزز Tetany في الحيوانات الذي يتصف بارتجاف العضلات التشنجي. اما في عام 1909 فقد تم معالجة هذا التكزز بإعطاء مستخلص هذه الغدد أو الكالسيوم (شكل رقم 9 - 9).

وفي عام 1961 تم اكتشاف هرمون كالسيتونين الدرقية الذي اعتقد في باديء الأمر أنه ينشأ من الغدد جنيب الدرقية. إلا أنه في سنة 1963 تم اثبات منشأة بصورة أكيدة من الغدة الدرقية.



شكل رقم (9 - 9) وضع اليد عند الإصابة بنقص الكالسيوم التكززي.



وفي سنة 1917 تم اكتشاف فيتامين D3 (Vit. D3) واهميته في علاج مرض الكساح Rickets في الأطفال الذي اظهرت البحوث العملية أنه يتوافر بكميات كبيرة في زيت كبد الحوت اضافة إلى تكونه في الجسم بصورة طبيعية نتيجة التعرض للاشعة فوق البنفسجية.

الهرمونات المنظمة للكالسيوم

يلعب ايون الكالسيوم دوراً رئيساً في وظائف الجسم المختلفة مثل تكوين العظام والاسنان وتخثر الدم وتقلص العضلات وتحفيز الجهاز العصبي اضافة إلى تحرر افرازات العديد من الغدد ومن ضمنها الهرمونات. كما أنه ضروري لنشاط الانزيمات ونقل المعلومات بين الخلايا. لذلك فإن تنظيم مستوى الكالسيوم في الجسم وبحدوده الطبيعية (9 - 11 ملغم في كل 100 سم^3 من الدم) ضرورية لاداء وظائف الجسم المختلفة. أما منظمات الكالسيوم في الجسم فهي كما يأتي :

1- هرمون جنيب الدرقية (أو الباراثورمون) Prathormone (PTH).

2- كالسيتونين الدرقية Thyrocalcitonin (TCT).

3- فيتامين D3 (Cholecalciferol).

هرمون جنيب الدرقية PTH

ويتكون من 84 حامضاً «أمينيا»، وينظم هذا الهرمون ايض الكالسيوم والفوسفور في الجسم. كما أن لمستوى ايون الكالسيوم تأثيراً سلبي في مستوى هذا الهرمون، حيث تحفز قلة الكالسيوم الغدد جنيب الدرقية لافراز هذا الهرمون وبالعكس.

ويعمل الفوسفور بصورة غير مباشرة على هذا الهرمون، حيث أن زيادة مستوى الفوسفور في الدم تؤدي إلى زيادة الهرمون عن طريق قابلية الفوسفور على خفض مستوى الكالسيوم في الدم. ويعمل أيون المغنيسيوم عمل أيون الكالسيوم في تنظيم مستوى هرمون جنيب الدرقية، لذلك فإن أهم وظائف الهرمون تتمثل في دوره الاساس في المحافظة على مستوى أيون الكالسيوم والفوسفور الطبيعي في الدم.



أما الأعضاء المستهدفة من قبل هرمون جنيب الدرقية فهي العظام والكليتين اضافة إلى الأمعاء. كما أن للهرمون القابلية على خفض مستوى أيون الفوسفور عن طريق طرحه بواسطة الكلية ومن ثم المحافظة على المستوى الطبيعي للكالسيوم ومنع ترسب املاح فوسفات الكالسيوم في الأنسجة الرخوة والحد من تكلس الاحشاء الداخلية الحيوية.

كالسيتونين الدرقية TCT

ويسمى أيضاً كالسيتونين Calcitonin. ويتكون في الخلايا س (C Cells) الموجودة في الغدة الدرقية، حيث يحتوي على 32 حامضاً امينياً.

ولمستوى الكالسيوم تأثير إيجابي على مستوى هذا الهرمون، حيث أن زيادة الكالسيوم تحفز افراز الهرمون وذلك ما يحدث في أثناء تناول وجبة غذائية غنية بالكالسيوم وبالعكس.

ويعمل الهرمون على ترسيب الفائض من أيون الكالسيوم في العظام لمنع اضطرار ترسبه في الأنسجة الرخوة. كما يعمل هرمون جنيب الدرقية وكالسيتونين الدرقية معاً على عدم ترسب الكالسيوم في الأنسجة الرخوة عن طريق زيادة طرح الفوسفور في البول. ومن الملاحظ أن مستوى الكالسيوم في الدم يتناسب عكسياً ومستوى الفوسفور.

فيتامين D3

ويمكن الحصول على هذا الفيتامين من الغذاء مباشرة أو عن طريق التعرض لأشعة الشمس فوق البنفسجية، حيث ينقل الفيتامين الممتص من الأمعاء أو المتكون في الجلد بعد ذلك عن طريق الدم متحداً بالكلوبيولين.

ويعمل الفيتامين بصورة رئيسة على تحفيز امتصاص الكالسيوم والفوسفور لغرض ترسيبها في العظام والأسنان. لذلك يؤدي نقص الفيتامين في صغار الحيوانات والاطفال إلى الإصابة بمرض الكساح المعروف الذي يتميز بتثخين غير منتظم في غضاريف أطراف العظام وعدم تكلسها بصورة طبيعية، وسهولة انحنائها. وهناك بعض المركبات المشابهة لفيتامين D3 "تماماً" التي تتكون في النباتات مثل فيتامين D_2 (Calciferol) .

ويؤدي نقص فيتامين D3 والكالسيوم إضافة إلى مرض الكساح في الأطفال إلى لين



العظام Osteomalacia في البالغين. ويقل مستوى الكالسيوم في الأطفال الحديثي الولادة عند رضاعتهم بحليب الابقار نتيجة احتواء هذا الحليب على كميات عالية من الفسفور الذي يمنع امتصاص الكالسيوم.

أما نقص الكالسيوم في علائق الابقار الحلوبه ذات الانتاج الغزير فيؤدي إلى الإصابة بمرض حمى الحليب Milk Fever. الذي يتميز بشلل جزئي في الاطراف ولا سيما في فترة الوضع Parturition أو ما بعدها.

البنكرياس Pancrease

وتتكون غدة البنكرياس من جزأين متداخلين تشريحياً ولكنهما منفصلان وظيفياً وهما :

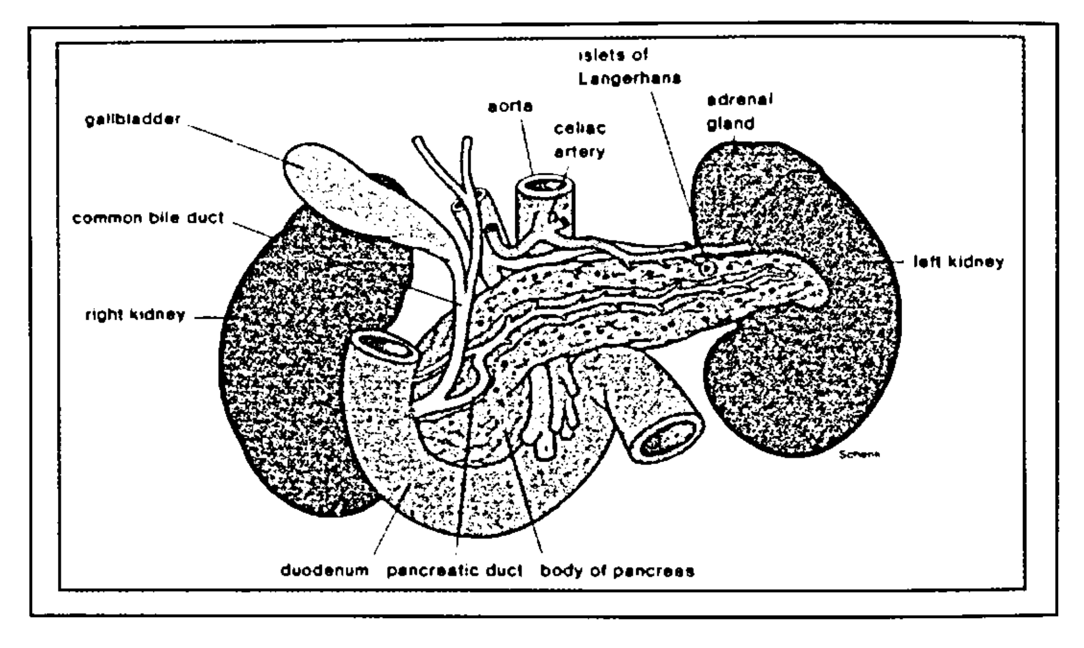
أ- جزء خارجي الافراز Exocrine Part

ويتكون من عنبات Acini مبطنة الخلايا افرازية تصب افرازاتها في تجويف هذه العنبات ثم تفرغ الافرازات في الأمعاء الدقيقة عن طريق قناة البنكرياس لتعمل على هضم الغذاء بعد وصوله إلى الأمعاء (تم التحدث عن هذه الافرازات عند دراسة الجهاز الهضمي).

ب- جزء داخلي الافراز Endocrine Part

ويتكون هذا الجزء من جزيرات لنكرهانز Islets of Langerhans التي تشكل حوالي مليون عنقود صغير من الخلايا المختلفة. وتنشأ هذه الجزر في الأصل من قناة البنكرياس إلا أنها تفقد اتصالها بها لتصبح بدون قناة (شكل رقم 9 -10) وتحتوي جزيرات لنكرهانز على عدة أنواع من الخلايا وهي :





(شكل رقم 9 - 10)

البنكرياس هي غدة مزدوجة الافراز حيث تفرز الهرمونات وكذلك الانزيمات

1- خلايا الفا Alpha Cells: وتفرز هرمون الجلوكاجون Glucagon الذي يعمل على رفع مستوى سكر العنب في الدم.

2- خلايا بيتا Beta Cells: وتفرز هرمون الانسولين Insulin الذي يعمل على خفض مستوى سكر العنب في الدم.

3- خلايا D:وتفرز هرمون موضعي Local Hormone هو الهرمون الجسمي Som-atostatin يعمل على تنظيم نشاط خلايا أخرى من البنكرياس حيث يثبط الخلايا التي تفرز هرموني الانسولين والكلوكاكون.

4- خلايا F:وتفرز هرمون موضعي هو هرمون الببتيدات المتعددة للبنكرياس Pancreatic Polypeptide يعمل على تثبيط الافرازات اللاصميه للبنكرياس.

هرمون الجلوكاجون Glucagon

ويعمل هرمون الجلوكاجون اساساً على رفع مستوى السكر في الدم، حيث يتم تأثيره

بتحفيزه انزيم Dephosphorylase في الكبد وتحويله إلى انزيم Phosphorylase الفعال الذي يعمل على تنشيط عملية تحلل الجلايكوجين المخزون في الكبد وتحويله إلى سكر العنب. كما يزيد هرمون الجلاكاجون في معدل تكوين سكر العنب من مصادر غير كاربوهيدراتية (من بروتينات الكبد أو الأحماض الشحمية في البلازما).

ويعمل الهرمون على تحرر الاحماض الشحمية الحرة من الأنسجة الشحمية ويزيد من اكسدتها لتكوين الاجسام الكيتونية Ketone bodies إضافة إلى خزن كميات من الأحماض الشحمية الثلاثية Triglycerides.

ولهرمون الكلوكاكون تأثير هدمي Catabolic في البروتينات حيث يحولها إلى سكر العنب واليوريا إضافة إلى عمله على تخفيض مستوى الكالسيوم في الدم. ويجب هنا التفريق بين كلوكاكون البنكرياس الذي يفرز من خلايا الفا من جزيرات لنكرهانز، وجلوكاجون الأمعاء Intestinal Glucagon الذي يفرز من الاثنى عشر والصائم.

هرمون الأنسولين Insulin

ويعمل الانسولين اساساً على خفض مستوى السكر في الدم. وتوجد مستقبلات الانسولين في جدران كريات الدم الحمر. ويزداد أخذ العضلات والنسيج الدهني والنسيج الضام لسكر العنب تحت تأثير الانسولين. وهو يخفض مستوى البوتاسيوم في بلازما الدم وذلك بزيادة دخول أيونات البوتاسيوم في خلايا العضلات.

ويزيد الانسولين من تكوين الشحوم ويقلل من تحللها، وله تأثير ابتنائي لتكوين البروتينات في العضلات. وكلما ارتفع مستوى السكر في الدم ازداد افراز الانسولين. اما نقصان الانسولين في الدم فيسبب الاصابة بداء السكر أو البول السكري Diabetes Mellitus.

الغدد الكظر أو الغدد فوق الكلية Adrenal or Suprarenal Glands

وهما غدتان تقعان امام الكليتين في الحيوانات وفوقهما في الانسان. وتقسم الغدة الكظرية في اللبائن على قسمين متميزين يختلفان من ناحية المنشأ الجنيني والتركيب النسيجي والوظيفة وهي : قسم داخلي وهو اللب Medulla وقسم خارجي وهو القشرة Cortex .

ويفرز لب الغدة الكظرية هرمونات من نوع Catecholamines تعمل بالطريقة التي يعمل فيها تحفيز الاعصاب بعد الودية الادرينالية.

أما قشرة الغدة الكظرية فتفرز الهرمونات القشرية الستيرويدية Corticosteroids تعمل اساساً على تنظيم أيض الكاربوهيدرات والايونات.

ويعمل اللب والقشرة على مساعدة الجسم في التكيف للتغيرات المفاجئة التي تحدث في المحيط. كما ينشط الاجهاد افراز الغدة الكظرية.

لب الغدة الكظرية Adrenal Medulla

ويفرز نوعين من الهرمونات هما :

1- الابنفرين Epinephrine (EP) أو ما يعرف في علم الصيدلية بالادرينالين.

2- النورابنفرين Norepinephrine (NEP).

ولتشابه تركيب الهرمونين السابقين من الناحية الكيميائية تكون وظائفهما متشابهة تقريباً لكنها مختلفة كمياً. ويختلف هرمون الابنفرين عن نظيره النورابنفرين بإحتواء الأول على مجموعة ميثيل Methyl group، وكذلك يمكن تحويل النورابنفرين إلى ابنفرين بإضافة هذه المجموعة إلى تركيبه الكيميائي. ويعمل الكبد على تقليل نشاط الهرمونين وطرحهما مع مادة الصفراء Bile.

وهرمون الابنفرين هو المسؤول بالدرجة الأولى عن احداث التغيرات اللازمة في أيض الجسم لمواجهة تغيرات المحيط المفاجئة، وهو مهم في عملية تحلل الجلايكوجين.

أما النورابنفرين فمسؤول اساساً عن تكيفات جهاز الدوران. وتفرز نهايات الاعصاب بعد العقدية الادرينالية هرمون النورابنفرين بصورة رئيسة اضافة إلى كميات قليلة من الابنفرين.

ويعمل الهرمونين على زيادة سرعة النبض وارتفاع ضغط الدم التقلصي اضافة إلى توسع القصبة الهوائية، مما يسهل استنشاق كميات كبيرة من الهواء في أثناء الانفعالات والهلع والفرار، أي أنهما يكيفان الجسم لحالة الكر والفر Fight or Flight. كما تعمل هذه الهرمونات على ارتخاء أو بسط عضلات المعدة والأمعاء والحالبين والمثانة اضافة إلى توسع



البؤبؤ Mydriasis وانتصاب الشعر بغية منع تبدد حرارة الجسم.

كما يعمل الابنفرين على عضلات الرحم وبحسب ما اذا كانت الانثى حاملاً أم لا. ويحفز قشرة المخ مؤدياً إلى ظهور أعراض حالات القلق وعدم الاستقرار والتعب، ويحفز افراز الهرمونات المحرضة للقند.

وينظم افراز الهرمونين بوساطة الجهاز العصبي الودي. كما أن لنوع المحفز تأثيراً على افراز الهرمونين أكثر من الآخر، حيث يزداد مثلاً افراز هرمون الابنفرين في أثناء الالم أو قلة السكر في الدم بينما يزداد افراز هرمون النور ابنفرين عند انسداد الشريان السباتي.

قشرة الغدة الكظرية Adrenal Cortex

وتقسم تشريحياً ووظيفياً على ثلاث طبقات مختلفة هي :

1- الطبقة الكبيبية Zona Glomerulosa:وتشمل الطبقة الخارجية من القشرة وتفرز الهرمونات القشرية المعدنية (Mineralocorticoids).

2- طبقة الحزمة Zona Fasciculata:وتشمل الطبقة الوسطى من القشرة وتفرز الهرمونات القشرية الجلوكوزية (Glucocorticoids).

3- الطبقة الشبكية Zona Reticularis: وتشمل الطبقة الداخلية من القشرة وتفرز كميات من الهرمونات الجنسية الستيرويدية (Sex Steroid Hormones).

الهرمونات القشرية المعدنية :

وتشمل نوعين من الهرمونات هما :

1- الالدوستيرون Aldosterone.

2- الديوكسي كورتيكوستيرون Deoxycorticosterone (DOC).

ويعمل الهرمونان السابقان على زيادة قابلية انابيب الكلية على استرجاع ايون الصوديوم (Na^+ Retention)، وكذلك في الغدد اللعابية والعرقية وغدد المعدة والأمعاء.

ويعتبر هرمون الالدوستيرون الهرمون الرئيس من بين الهرمونات القشرية المعدنية حيث يمتلك قوة مقدارها 30 - 100 مرة أكثر من الهرمون الثاني في استرجاع ايون الصوديوم.



وتعمل الهرمونات على زيادة قابلية نبيبات الكلية على طرح ايونات البوتاسيوم، وكذلك الفوسفور والكالسيوم والهايدروجين. لذلك تعد هذه الهرمونات ضرورية لادامة الحياة، لانها تنظم الايونات في الجسم وبخاصة أيون الصوديوم الضروري للحياة. كما أن تنظيم أيون البوتاسيوم يعتمد أساساً على تبادل الصوديوم أو الهيدروجين في النبيبات الملتوية الدانية والقاصية للوحدات الكلوية Nephrones.

ويرجع اكتشاف اهمية الهرمونات القشرية المعدنية في ادامة الحياة إلى العالم اديسون "Addison" الذي اكتشف المرض المسمى باسمه والذي يتميز بتلون الجلد نتيجة قلة افراز هذه الهرمونات. وظهر أن استئصال الغدة الكظرية من عدد من الكلاب قد أدى إلى موتها جميعاً.

وقد اظهرت الدراسات أن انخفاض مستوى أيون الصوديوم وارتفاع مستوى أيون البوتاسيوم في الدم يؤدي إلى ارتفاع مستوى هرمون الالدوستيرون. كما أن افراز انزيم الرنين Renin من الخلايا مجانبة الكبيبة Juxtaglomerular في الكلية يؤدي إلى ارتفاع مستوى الالدوستيرون في الدم. ويعمل أنزيم الرنين على تحليل البروتينات وتكوين مادة تعرف بالانجيوتنزين Angiotensin من كلوبيولين مصل الدم التي تعمل على تحفيز الخلايا الكبيبية لافراز هرمون الالدوستيرون.

الهرمونات القشرية الجلوكوزية :

وتشمل هرمونين هما :

1- الكورتيزول Cortisol أو الكورتيزون المهدرج Hydrocortisone.

2- الكورتيكوستيرون Corticosterone.

ويمثل الكورتيزول الهرمون الرئيس في الانسان والكلاب والخنازير. اما الهرمون الثاني فيوجد في الأرانب والفئران والجرذان بصورة رئيسة. ويفرز الهرمونان بصورة متساوية تقريباً في الحيوانات المجترة.

ويعمل الهرمونان في أيض الكاربوهيدرات والبروتينات والشحوم، حيث تزيد من تكوين سكر العنب من المصادر البروتينية في الكبد، وتكثر من هدم البروتينات والشحوم، ولها

مفعول معاكس لعمل الانسولين.

وتعمل الهرمونات القشرية الجلوكوزية كمضادات للالتهابات Antiinflammatory حيث تقلل من عدد الخلايا اللمفاوية والخلايا البيض الحامضية وتزيد من عدد الخلايا المتعادلة، وتقلل من درجة الالتهاب الموضعي وبذلك تستعمل في علاج حالات الالتهاب الموضعية في العين والجلد والمفاصل ولا سيما في حالات التهاب المفاصل الروماتزمي Rhumatic Arthritis. وتستعمل في علاج تصلب المفاصل بسبب مفعولها المحلل للالياف Fibrolytic وأن لهذه الهرمونات فعلاً مضاداً للهستامين Antihistaminic، لذلك تستعمل لعلاج الحساسية Allergy وحالات ضيق التنفس وبخاصة حالات الربو Asthma. ويؤدي استعمالها بكثرة إلى ظهور أعراض كشنك Cushing's Syndrome التي سنتكلم عنها لاحقاً.

الهرمونات الجنسية الستيرويدية :

وتشمل :

1- الهرمونات الانثوية : وهي الاستروجينات والبروجستينات.

2- الهرمونات الذكرية : وهي الاندروجينات.

(سوف نتكلم عنها ضمن الهرمونات الجنسية).

اضطرابات افراز هرمونات قشرة الكظرية :

نظراً لاهمية الهرمونات التي تفرزها قشرة الغدة الكظرية في الجسم، فقد يسبب أي اضطراب في مستوى افراز هذه الهرمونات زيادة أو نقصاناً بعض الحالات المرضية التي يمكن تلخيصها فيما يأتي :

1- خمول نشاط قشرة الغدة :

ويكون هذا الخمول على نوعين :

أ- خمول حاد : ويحدث نتيجة عدم افراز القشرة لهرموناتها، ويؤدي هذا إلى الضعف العضلي وقلة التبول وارتفاع مستوى اليوريا في الدم لتسترجعها نبيبات الكلية وقلة مستوى أيون الصوديوم وارتفاع مستوى أيون البوتاسيوم في بلازما الدم وانخفاض



درجة حرارة الجسم والتقيؤ المصحوب بجفاف الفم.

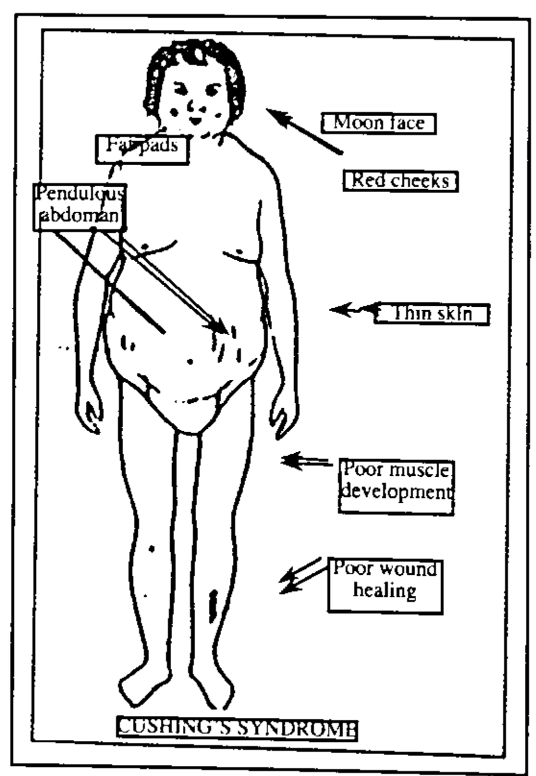
ب- خمول مزمن : ويحدث نتيجة قلة افراز هرمون الكورتيزول والالدوستيرون يؤدي إلى الاصابة بمرض اديسون الذي يتميز بالضعف العضلي وسرعة التعب واصطباغ بعض مناطق الجلد واحاطة الفم بحبيبات سوداء وانخفاض ضغط الدم وانعدام الشهية والتقيؤ المصحوب بالاسهال ونقصان وزن الجسم والجفاف وقلة مستوى السكر والصوديوم والكلور وارتفاع مستوى البوتاسيوم في الدم.

2- زيادة نشاط قشرة الغدة :

ويسبب زيادة نشاط قشرة الغدة ثلاثة أنواع من الأعراض المرضية هي :

أ- متلازمة كشنك Cushing's Syndrome

وتحدث نتيجة زيادة افراز هرمون الكورتيزول الذي يؤدي إلى اعراض تتميز بنحافة الجسم ودوران الوجه وتلونه باللون الأحمر وتثخن الرقبة وتدلي البطن ووجود خطوط بنفسجية عليها وظهور حب الشباب ونعومة الجلد وزيادة شفافيته وظهور اعراض داء السكر وخمول نشاط الأعضاء التناسلية وزيادة ضغط الدم وبطء التئام الجروح وقلة عدد الخلايا اللمفاوية والخلايا الحامضية وزيادة عدد كريات الدم الحمر (شكل رقم 11 - 9).



شكل رقم (9 - 11) اعراض متلازمة كشنك.



ب- المتلازمة الكظرية الجنسية المكتسبة Acquired adrenogenital Syndrome

وتحدث نتيجة زيادة افراز القشرة للهرمونات الجنسية الذكرية أو الانثوية. فزيادة الهرمونات الذكرية الاندروجينية في الإناث يؤدي إلى أعراض الذكورة Virilism التي تتميز بظهور الشعر وتضخم الصوت. أما زيادة افرازات الهرمونات الانثوية مثل الاستروجينات في الذكور فتؤدي إلى أعراض التخنث Feminization التي تتميز بضمور الخصيتين وكبر الثديين وقلة الرغبة الجنسية.

جـ- متلازمة كون Conn's Syndrome

وتحدث نتيجة زيادة افراز هرمون الالدوستيرون. يؤدي إلى اعراض اولية تتميز بارتفاع ضغط الدم وقلة مستوى أيون الصوديوم والبوتاسيوم في الدم اضافة إلى زياة قاعديته وضعف العضلات وكثرة التبول والعطش الشديد. أما الاعراض الثانوية فهي الاستجابة للاصابة بامراض التهاب الكلية Nephrosis وتليف الكبد Liver cirrhosis وتسمم الدم عند الحمل Pregnancy Toxemia.

الغدة الصنوبرية Pineal Gland

وتقع هذه الغدة بين فصي المخ في اللبائن ويختلف شكلها وحجمها ووزنها في الحيوانات المختلفة، حيث تشبه المخروط ويتراوح وزنها بين 100 و 180 ملغم في الانسان، بينما تكون على شكل خيط نحيف وطويل في الأرانب ولا يتعدى وزنها الغرام الواحد في الجرذان.

وقد وصفت هذه الغدة في الحضارات الشرقية القديمة وسميت بالعين الثالثة حيث تعودت الفتيات الهنديات على وضع بقعة حمراء في وسط الجبهة بعد الزواج ترمز إلى هذه العين التي يعتقد أنها تجلب الحظ وتكشف المستقبل.

وتعد الغدة الصنوبرية بمثابة المحول Transducer الذي يتوسط بين الجهاز العصبي والغدد الصم حيث تحول الايعاز العصبي إلى افراز صمي.

كما أن لهذه الغدة أهمية فسيولوجية كبيرة وخاصة في تنظيم الجهاز التكاثري فالضوء وشدته يعملان من خلال تأثيرهما في الغدة الصنوبرية في تنظيم هرمونات ما تحت المهاد

المحررة للهرمونات المحرضة القند GnRH التي يوجد فيها نوعان أحدهما محفز والآخر مثبط.

وتفرز الغدة الصنوبرية هرموناً يعرف بالميلاتونين Melatonin الذي له تأثير محفز أو مثبط للهرمونات المحرضة القند في حيوانات التجربة وبحسب كمية الجرعة المستعملة وطريقة اعطائها وفترة الاضاءة ومرحلة البلوغ التي يمر بها الحيوان.

ويحفز الظلام تكوين هرمون الميلاتونين، لذلك يتأخر البلوغ الجنسي في الحيوانات التي لا تنعم بالضوء لفترات طويلة. كما اظهرت التجارب أن استئصال الغدة الصنوبرية Pine-alectomy يبكر البلوغ الجنسي عند الحيوانات وكذلك يزيد من نوبات الصرع والتشنج في حيوانات التجربة. واكتشفت مادة في الغدة الصنوبرية سميت Argenine Vasopressin لها مفعول مثبط للهرمونات محرضة القند وبمعدل 60 مرة أكثر من هرمون الميلاتونين.

أما في الحيوانات ذات التكاثر الفصلي Seasonal Animals فقد عزا العلماء اسباب تأثير الفصول على تكاثرها إلى اختلاف شدة الضوء وفترة تعرض الجسم له باختلاف الفصول. فقد وجد مثلاً أن النعاج تنشط جنسياً في الفصل الذي يطول فيه النهار ويقصر فيه الليل بعكس ما هو موجود عند الفرس حيث يعمل الضوء من خلال تأثيره في الغدة الصنوبرية على تنظيم الميلاتونين وربما عوامل اخرى تنتقل في الدم.

وقد وجد أن للميلاتونين تأثيراً مهدئاً عند حقنه، وهو يغير من نمط التخطيط الكهربائي للدماغ "EEG". ويعزى سبب انفصام الشخصية Schizophrenia إلى وجود هذا الهرمون.

ووجد أن استئصال الغدة الصنوبرية تثبط الاستجابات المناعية للحيوانات البالغة ولكنه لا يؤثر في الحيوانات غير البالغة. وقد لاحظ بعض العلماء أن لهذه الغدة تأثيراً في قابلية الغدة الدرقية لالتقاط ايونات اليود وتجميعها في الدم اضافة إلى تحفيزها الكلية لامتصاص ايونات الصوديوم. وللغدة تأثير مثبط لعضلات المجاري التنفسية والامعاء والرحم.

التوثة أو الغدة الزعترية Thymus Gland

وهي غدة غير منتظمة الشكل تقع خلف عظم القص في أعلى الصدر. وتكون كبيرة الحجم نسبياً عند الاطفال وتستمر بالكبر حتى تبلغ اقصى حجمها عند البلوغ في الانسان ليصل



وزنها إلى حوالي 45 غم ثم تبدأ بعد ذلك بالاضمحلال لتتحول إلى أنسجة دهنية في المراحل المتقدمية من العمر.

وتشبه هذه الغدة الغدد اللمفاوية تقريباً من حيث التكوين النسيجي حيث تحتوي على القشرة التي تتكون من عدد كبير من الخلايا الزعترية Thymocytes واللب الذي يحتوي على عدد أقل من هذه الخلايا، وتحتوي على عدد كبير من الجريبات.

وللغدة تأثير مهم في تكوين المناعة. وقد وجد أن استئصالها من فأر صغير غير بالغ يسبب عدم تطور انسجته اللمفاوية بصورة طبيعية ويؤدي إلى انخفاض عدد الخلايا اللمفاوية Lymphocytes ونقص في تكوين الاجسام المضادة وانفخاض في تطور التفاعلات المناعية للبروتينات الغريبة وغيرها.

وتفرز الخلايا الطلائية للغدة الزعترية هرمون الثايموسين Thymosin الذي ينتقل عن طريق الدم إلى الأعضاء اللمفاوية فيحفز خلاياها لتكوين الاجسام المضادة الخاصة Specif-ic Antibodies التي لا يمكن أن تتكون من غير هذا الهرمون.

الهرمونات الجنسية Sex Hormones

ويقصد بها الهرمونات التي تفرز اساساً من المناسل Gonads وهي المبايض في الانثى والخصى في الذكر. كما أن هناك مصادر أخرى لهذه الهرمونات مثل قشرة الغدة الكظرية Adrenal Cortex والمشيمة أو السخت Placenta . وتشمل الهرمونات الجنسية الانثوية الاستروجينات Oestrogens والبروجستينات Progestins، والهرمون المرخي Relaxin، بينما تشمل الهرمونات الذكرية الاندروجينات Androgens.

وتشترك جميع الهرمونات الجنسية (عدا الهرمون المرخي) كيميائياً في كونها تنشأ من تحورات النواة الستيرويدية، وتتكون من مركبات دهنية تعرف بالستيرويدات Steroids. كما أن التأثير المختلف للهرمونات الجنسية في الأجهزة التناسلية يعود إلى التعقيدات التي تتكون بوساطة الافعال المتداخلة لهذه الهرمونات اضافة إلى مراحل الدورة التناسلية التي يمر بها الانسان والحيوان.



الهرمونات الذكرية أو الاندروجينات Androgens

وهي مجموعة من الهرمونات الستيرويدية التي عرفت بمسؤوليتها عن اظهار الصفات الجنسية الذكرية رغم افرازها بكميات قليلة في الاناث ايضاً. وتفرز هذه الهرمونات من الخصيتين وقشرة الغدة الكظرية في الذكور اضافة إلى المبيض والمشيمة في الإناث. ولكن تأثيرها في الإناث يكون طفيفاً في الأحوال الاعتيادية لتغلب فعل الهرمونات الانثوية على فعلها.

ويعد هرمون الشحمون الخصوي Testosterone الهرمون الرئيس في الهرمونات الذكرية الذي يتحول إلى هرمون فعال يعرف بالتيستوستيرون الثنائي الهيدروجين Di-hydrotestosterone في سايتوبلازم خلايا غدة البروستات أو الغدد الجنسية اللاحقة الاخرى في الذكر بفعل الأنزيم المسمى 5α - reductase الموجود في البروستات بتراكيز عالية. ويتحول الشحمون الخصوي في الجهاز العصبي إلى مركب استروجيني.

وتعد الخلايا البينية للخصية والمسماة بخلايا ليدك Leydig Cells المصدر الرئيس لهرمون الشحمون الخصوي. حيث ينظم نشاط هذه الخلايا بوساطة الهرمون محفز الخلايا البينية ICSH المفرز من الغدة النخامية.

ويساعد هرمون الشحمون الخصوي على نمو وافراز اعضاء التناسل الذكرية الاضافية وهو المسؤول عن تطور وبقاء الصفات الجنسية الذكرية مثل ضخامة الصوت وتوزيع الشعر الجنسي ونموه ونمو شعر الذقن وكذلك سقوط شعر فروة الرأس اضافة إلى تضخم الأعضاء التناسلية.

وتحفز الهرمونات الذكرية الغدد الزهمية Sebecious Glands بعد البلوغ. ويسبب ظهور حب الشباب Acne والدمامل Boils وحتى ظهور الحجرات Carbuncles عند بعض الشباب اضافة إلى أنها مسؤولة عن تحفيز الروائح الجنسية الخاصة أو الفيرومونات Pheromones التي تفرزها بعض الحيوانات.

وتجهز الهرمونات الذكرية النطف بالطاقة بعد خروجها من البربخ، اضافة إلى المحافظة على السائل المنوي من التغيرات في تركيز الاس الهيدروجيني فيه. ويحفز هرمون الشحمون الخصوي النسيج الطلائي للنبيبات المني لانتاج النطف والسيطرة على عملية نشأة النطفة



Spermatognesis في الخصية اضافة إلى تحفيز الرغبة الجنسية.

ويعد الشحمون الخصوي هو المسؤول عن اظهار السلوك العدائي Aggressive be-havior عند الذكور. وتستعمل الهرمونات الذكرية مواد ابتنائية لأنها تعمل على الاحتفاظ بالنيتروجين والبوتاسيوم والفوسفات ولذلك تستعمل لأغراض التسمين لما لها من تأثير في نمو العضلات الهيكلية وتخصص العظام.

ويعتقد أن الاندروجينات هي المسؤولة عن وجود القرون في الحيوانات ونمو العرف والغبب في الديوك.

تدخل الهرمونات الذكرية غالباً إلى الدورة الدموية حال افرازها، حيث تدور في كل أنحاء الجسم مرتبطة بالكلوبيولين Globuline (البروتين الموجود في بلازما الدم) الذي يتحول عند ارتباطه بالهرمونات الذكرية إلى مركب يصعب على الكبد تحطيمه، ويكون عندها خاملاً بايولوجياً. ولكل هرمون ذكري كلوبيولين خاص برتبط به وهذا يسهل تقدير وحساب كميته.

إن تحويل الشحمون الخصوي إلى ستيرويد آخر في العضو المستهدف هو نتيجة لعملية الأيض Metabolism لذلك يمكن اعتبار الشحمون الخصوي في مثل هذه الحالة سلف للهرمون Pre-hormone لان منتوج تحويله الأيضي يكون اكثر فعالية منه وبخاصة في نسيج العضو المستهدف. ويمكن الشحمون الخصوي من أن يتحول إلى هرمونات استروجينية بوساطة العمليات الأيضية، وهذا ما يحدث في قشرة الغدة الكظرية وانسجة معينة أخرى مثل الجلد.

وتفرز الخصية كذلك كميات قليلة من الاستروجينات بصورة منفصلة عن تلك التي تشتق من التيستوستيرون نتيجة العمليات الايضية. كما أن موضع انتاج هذه الهرمونات الاستروجينية من الخصية كان موضع نقاش طويل في السنوات الأخيرة، ولكن اغلب البحوث بينت أنها تفرز من خلايا غير نطفية تدعى خلايا سرتولي Sertoli cells تقع داخل النبيبات الناقلة المني. لذلك ظهر أن ورم خلايا سرتولي الشائع في الكلاب يسبب انوثة ظاهرة تجعل الكلب الذكر يكتسب عدداً من الصفات الأنثوية.

الاستروجينات Oestrogins

يعد المبيض في الاناث غير الحوامل المصدر الرئيس لافراز الاستروجينات



والبروجستينات. ويعتقد أن الجراب الداخلي Theca interna هو المسؤول عن انتاج الاستروجينات بينما تقوم الخلايا المحببة Granulosa Cells بإنتاج البروجستينات. وتصنع الاستروجينات من تمثيل الاندروجينات في الغدد الصم واماكن اخرى من الجسم مثل الجلد.

ويحتوي سائل الجريبات على كميات من الاستروجينات. ويفرز الجسم الاصفر في الإنسان واللبائن العليا كميات من الاستروجين وليس هناك دليل على وجود مثل هذا الافراز في الابقار والخيول والاغنام.

وتفرز الغدة الكظرية والخصية اضافة إلى المشيمة في الحوامل الاستروجينات بكميات قليلة. كما تكون بعض النباتات البقولية مصدراً للاستروجينات.

وتعد الاستروجينات الهرمونات المسؤولة عن اظهار علامات الشبق في اناث الحيوانات. كما أنها المسؤولة عن اظهار الصفات الجنسية الانثوية في الانسان مثل نعومة الصوت ونمو الصدر وتطور الرحم والمهبل وظهور الشعر الجنسي وشكل الجسم الخاص في النساء. وتعمل الاستروجينات عند البلوغ على تكلس غضاريف اطراف العظام وبذلك تحد من نمو الاناث بعد البلوغ.

وتزيد الاستروجينات من حساسية الرحم لتأثير هرمون معجل الولادة وكذلك الموثينات أو البروستكلاندينات. وللاستروجينات فعل ابتنائي كما للاندروجينات لذلك تستعمل في التسمين. ويظهر أن الاستراديول – 17 ب (Oestradiol - 17 B) هو الاستروجين الاكثر فعالية في معظم الحيوانات ومنها الانسان إضافة إلى وجود الاسترون بكميات قليلة.

البروجستينات Progestins

وتسمى البروجستينات أيضاً Gestogens or Progestagens Or Luteoids . وأكثر البروجستينات فعالية من الناحية البايولوجية هو البروجستيرون Progesterone الذي يتكون من تأكسد البريكنينولون Pregnenolone. ويتكون البروجستيرون في الجسم الاصفر وسائل الجريبات والمشيمة. ويتعامل الكبد مع البروجستينات والاستروجينات اكثر من تعامله مع الاندروجينات أو هرمونات القشرة الكظرية حيث يحولها إلى مواد أقل فعالية.

ويسبب استئصال المبيضين الاجهاض في جميع مراحل الحمل في الحيوانات التي تعتمد

في حملها على البروجستيرون في ادامة الحمل مثل الجرذان والفئران والارانب والماعز والخنازير وغيرها. أما في الكلاب والانسان فلا يتأثر الحمل لأن المشيمة والغدة الكظرية تتكفل بافراز كميات من البروجستيرون كافية لادامته.

ويعمل البروجستيرون على مساعدة الاستروجين لاظهار علامات الشبق في اناث الحيوانات. ويعمل على تهدئة الرحم في أثناء الحمل، ومنع تقلصاته. ويثبط المستوى المرتفع من البروجستيرون في الدم افراز هرمون محفز الجريبات FSH والهرمون اللوتيني LH. وتستعمل البروجستينات مانعات للحمل في النساء ومنظمات للشبق في الحيوانات عن طريق منع افراز الهرمون اللوتيني من الغدة النخامية.

ويساعد البروجستيرون على اكتمال نمو الغدد اللبنية وتطورها اضافة إلى مساعدته في نمو وتطور بطانة الرحم وبسط عضلاته. وتعمل الاستروجينات والبروجستينات اما متعاونتين أو متضادتين في الكثير من الأفعال التناسلية.

الهرمون المرخي Relaxin

وهو الهرمون الجنسي الثالث في الاناث، وقد عزله العالم هيزو Hisaw عام 1959. ويفرز اعتيادياً في المراحل الأخيرة للحمل، وقد ظهر أن الهرمون المرخي تنتجه مبايض الحيوانات التي تحتاج مبايضها لافراز البروجستيرون طوال مدة الحمل. ومن المشيمة في الحيوانات التي لا تحتاج مبايضها لابقائها حوامل. ويعتقد أن الجسم الاصفر يفرزه من الرحم والمشيمة في بعض الحيوانات.

ويعمل الهرمون المرخي على بسط الانسجة التي سبق أن كانت تحت تأثير البروجستيرون والاستروجين. أما الأنسجة التي لم يسبق لها أن كانت تحت تأثير هذين الهرمونين فإنها تكون أقل استجابة له.

ويزيد الهرمون من ليونة النسيج الضام لعضلات الرحم خلال المراحل الأخيرة من الحمل ليسمح بتوسع الرحم لاستيعاب الجنين النامي في أثناء الحمل.

ويعمل الهرمون على بسط روابط عظم الحوض مسبباً توسع قناة الولادة ومسهلاً قذف الجنين إلى الخارج، لذلك كان مهماً في إحداث المخاض Parturition ويمكن أن يسبب نمو وتطور الغدد اللبنية في بعض الحيوانات بعد ازالة مبايضها ولا سيما عندما تكون تحت تأثير الاستروجين والبروجستيرون.



الموثينات أو البروستكلانديتات Prostaglandins

تصنيف البروستكلانديات الان مع الثرومبوكسينات على انها من صنف بروستنويد Prostanoid Class التي تتكون من مشتقات الاحماض الدهنية والتي بدورها تعود إلى الصنف الثانوي ايكوسنويد eicosanoid Subclass التي تتكون طبيعياً باختلافات واسعة في الأنسجة والمواقع الحيوية في الجسم. ففي عام 1930، لاحظ اثنان من اطباء التناسل الاميركان أن رحم المرأة يستجيب بتقلصات شديدة عند معاملته بالسائل المنوي. وبعد هذا التاريخ بثلاث سنوات اكتشف العالم السويدي «فون اولر» أن هناك مادة في السائل المنوي تؤدي إلى تقلص العضلات الملساء بصورة عامة ومنها عضلات الرحم إضافة إلى تضييقها للاوعية الدموية.

وتعد البحوث التي قام بها «فون اولر» الاساس في فهم كنه هذه المادة بعد اكتشافها في السائل المنوي التي اطلق عليها اسم البروستكلانديات اعتقاداً منه أن السائل المنوي يفرز من غدة البروستات Prostate او الموثة. وقد حاول بعض الباحثين تغيير هذا الاسم بعد أن وجدوا أن الحويصلات المنوية تفرز كميات من البلازما المنوية اكبر بكثير مما تفرزه البروستات. ولكن رغم ذلك بقي اسم البروستكلانديات هو الثابت في البحوث ولم يتغير لحد الان. وفي السويد أيضاً اظهرت البحوث أن مستخلص الدهون المأخوذة من السائل المنوي لحيوانات أخرى مثل الاكباش والماعز والقرود وكذلك مستخلص الحويصلات المنوية نفسه في الاكباش يحفز التقلصات الشديدة للعضلات الملساء واطلق اسم «الحوامض الدهنية الذائبة» على هذه المركبات النشيطة التي ثبت أن لها دوراً مهماً وأساسياً في التكاثر.

أما طبيعة البروستكلانديات وتركيبها فقد بينه الباحث «برجستون» عام 1949 بصورة نهائية بأنها عبارة عن حوامض شحمية نشيطة حيويا وغير مشبعة واستطاع عزل نوعين منها للمرة الاولى على شكل بلورات سماها بروستكلاندين F و E.

وقد استمرت البحوث والاكتشافات بعد ذلك حتى اصبحنا نعرف الان ما يقارب 14 نوعا من البروستكلانديات في الاقل. وهي تتميز كيميائياً وتتكون طبيعيا ولكنها تختلف في فعاليتها الفسيولوجية. فقد اخبر أن البروستكلانديات من نوع A و E لها القابلية على كبح نقل السيالة العصبية في الجهاز العصبي الذاتي. أما البروستكلانديات من نوع F فلها



القابلية على تسريع نقل السيالة العصبية اضافة إلى قابليتها على تقلص الرحم. وللبروستكلاندينات من نوع F تأثير مثبط للرحم غير الحامل ولكنها تسبب تقلص الرحم الحامل. وتم دراسة تأثير البروستكلاندينات في مختلفة الحقول البايولوجية ولا سيما فيما يتعلق بالقنوات التناسلية والهضمية والتنفسية والقلب والأوعية الدموية والكلية والأمراض الجلدية والالتهابات واوجاع الرأس وغيرها. وظهر أن لقسم منها تأثيراً على أيض الكاربوهيدرات في الجسم ولبعضها علاقة في اظهار الالام وانشطة الجسم الأخرى. وفي كل يوم نشهد اكتشافات جديدة ومنها الاكتشاف الكبير الذي اعلنه العالم الانكليزي «فان وجماعته» من جامعة ادنبره باستعمال البروستكلاندينات في علاج الجلطة الدموية.

وتم في الوقت الحاضر ادخال بعض البروستكلاندينات ضمن المواد الصيدلانية وحضرها الكثير من شركات الادوية العالمية. وصنعت كذلك مركبات مشابهة لفعلها البيولوجي ومضادات لهذا الفعل ومانعات لتكوينها وبالنظر لأهمية البروستكلاندينات في الجسم ونتيجة الأبحاث المكثفة التي اجريت عليها منذ اكتشافها وفي الثمانينات بصورة خاصة فقد حصل بعض الباحثين وهما كل من سون برجستروم وبنكت ساميلسون وجون فان على جائزة نوبل في الفسيولوجي والطب العام 1982 بسبب ابحاثهم التي تضمنت هذه المواد المهمة.

وتنشأ البروستكلاندينات من الاحماض الشحمية الاساسية حيث يعد حامض الاركيدونيك Arachidonic Acid المصدر المباشر لها ولنوع آخر من المركبات المعروفة بالثرومبوكسينات Thromboxane التي تشبهها في التركيب وتخالفها في الفعل الفسيولوجي (شكل رقم 11 - 9).

وقد اعطيت البروستكلاندينات حروف مختلفة لتميزها بعضها من بعض وصنفت هذه الحروف بحسب قابلية البروستكلاندينات على الذوبان في بعض المواد فالبروستكلاندين A مثلاً يذوب في الاسيتات Acetate، والبروستكلاندين E يذوب في الايثر Ether. والبروستكلاندين F يذوب في الفوسفات Phosphate والذي يكتب Fosfat باللغة السويدية وهكذا. كما اعطيت البروستكلاندينات المتشعبة من نوع واحد ارقاماً في اسفل الحروف وهي تشير إلى عدد الاواصر الثنائية في السلسلة الدهنية لتركيبها الكيميائي مثل بروستكلاندين F_2 وبروستكلاندين E_2 وغيرها.

حامض الاركيدونيك

بروستكلاندين G_2

ثرومبوكسينات

خمائر

من الاقراص الدموية

بروستكلاندين H_2

خمائر

من بطانة الشرايين

بروستوسايكلين

بروستكلاندين I_2

بروستكلاندين E_2

بروستكلاندين D_2

بروستكلاندين $F2\alpha$

شكل رقم (9 - 11)

مخطط يبين نشوء البروستكلاندينات المختلفة وكذلك الثرومبوكسينات.

البروستكلاندينات والجلطة الدموية :

على الرغم من أن البروستكلاندينات والثرومبوكسينات تنشأ من مصدر واحد فإن لهما فعلين متضادين فسيولوجياً. ويحدث تخثر الدم نتيجة تكون الثرومبوكسينات التي تحفز تجمع الاقراص الدموية وتساعد على تقلص الاوعية الدموية، بينما يقوم أحد انواع البروستكلاندينات المعروف بالبروستوسايكلين Prostocyclin أو بروستكلاندين I_2 بمنع تجمع الاقراص الدموية وتوسيع الاوعية الدموية وبذلك يحفظ الدم داخل الاوردة والشرايين طبيعياً من غير أن يتخثر. لذلك لا يحدث تخثر للدم في داخل الاوعية الدموية للجسم في الحالات الاعتيادية نتيجة تغلب انتاج البروستوسايكلين على الثرومبوكسين.

أما حدوث التخثر أو الجلطة الدموية فيكون سببه قلة انتاج البروستوسايكلين وزيادة انتاج الثرومبوكسين نتيجة تحطم الصفائح الدموية التي تتجمع عند ارتطامها بجدران الاوعية الدموية.

وقد اثبتت الدراسات الحديثة أن الاسبرين له القدرة على منع تكوين أو تحرير البروستكلاندينات في الجسم فضلاً عن عمله على منع تكوين الثرومبوكسينات وهذا يجعل تفسير اسلوب منع الاسبريز التخثر واستعماله في علاج بعض حالات الجلطة الدموية غير واضح.

البروستكلاندينات وجهاز التكاثر الانثوي:

لقد اظهرت البحوث أن البروستكلاندينات الموجودة في السائل المنوي تستطيع أن تسبب انضاج جريبات المبيض وتحرر البويضة. لذلك قد يكون السائل المنوي المحتوي على البروستكلاندينات كافياً لتنبه التبويض وحدوث الاخصاب عند قذفه في المهبل.

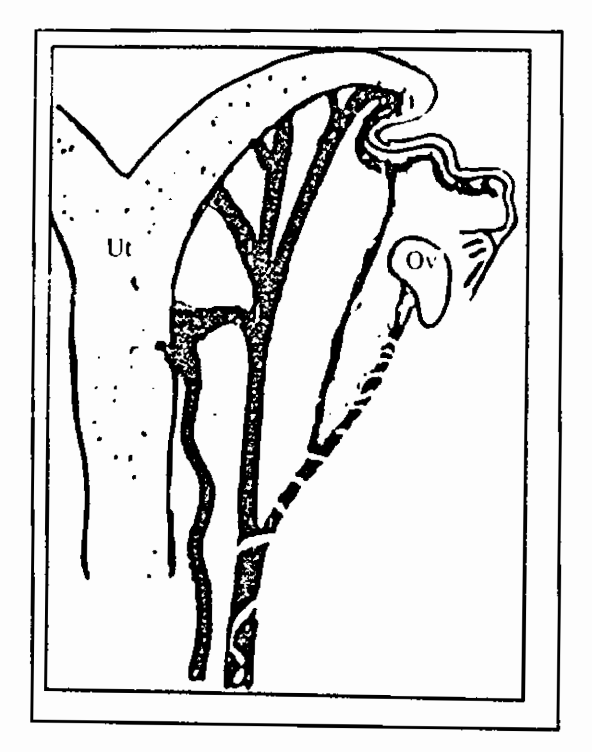
وقد جلبت البروستكلاندينات الانتباه إلى دورها في تنظيم عملية التكاثر من خلال الوظائف التي اتصفت بها في نهاية الستينات واهمها دورها في تنظيم عمر الجسم الأصفر الذي يتكون في المبيض بعد حصول الاباضة ليفرز البروجستيرون الذي يهدىء الرحم في النصف الثاني من الدورة الشهرية أو الشبقية ويحافظ على الحمل بعد حصول التلقيح.

ويعد الرحم المسؤول الاول عن تحلل الجسم الاصفر واضمحلاله عند عدم حصول الحمل، وهذا ما عرف منذ سنة 1922 حيث بين العالم «لويب» أن أحد منتجات الرحم (الذي عرف أخيراً بأنه البروستكلاندين) هو المسؤول المباشر عن اضمحلال الجسم الأصفر وأن إزالة الرحم Hysterectomy تزيد من طول عمر هذا الجسم.

وقد اثبت العلوجي وجماعته في عام 1979 أن البروستكلاندينات تتكون فعلاً في طبقات الرحم بنسب مختلفة وكميات أكبر مما هي عليه في مناطق الجسم الأخرى. ولما كانت البروستكلاندينات تتحطم في دورة دموية واحدة عند مرورها في الرئتين، أي أن عملها موضعي لا يتعدى مكان افرازها، تبادر إلى الذهن سؤال عن كيفية انتقال هذه البروستكلاندينات من الرحم إلى المبيض.

ولغرض الاجابة عن هذا السؤال يجب أن نكون ملمين بالصفة التشريحية للرحم والمبيض واوعيتهما الدموية. وقد اثبتت التجارب أن البروستكلاندينات تصل إلى المبيض عن طريقين أولهما ميكانيكية التيار المضاد Counter-Current Mechanism حيث تنتقل من الوريد

الرحمي إلى الشريان المبيضي الذي يلتف حوله ثم تصل إلى المبيض. أما الطريق الثاني فهو ما اثبته العلوجي وجماعته لاول مرة عام 1981. حيث تنتقل بواسطته البروستكلاندينات عن طريق وريد قناة البيض (Oviductal vein) (شكل رقم 9 - 12).



شكل رقم (9 - 12) شكل تخطيطي يبين كيفية انتقال البروستكلاندينات من الرحم (Ut) إلى المبيض (Ov) بواسطة الاوعية الدموية المختلفة (العلوجي، 1981)

لقد كانت نتيجة البحوث المستفيضة التي اجريت للكشف عن البروستكلاندينات هو تصنيع بعض الشركات لانواع منها لاستعمالها مواد صيدلانية في انهاء الحمل غير المرغوب فيه أو احداث الاجهاض نتيجة تحلل الجسم الأصفر وخاصة عند اعطائها في الاشهر الثلاثة الأولى من الحمل. واستعملت في احداث الولادة عند اعطائها في المراحل الاخيرة من الحمل نتيجة تأثيرها في عضلات الرحم مسببة حدوث تقلصات شديدة ينتج عنها طرح الجنين إلى الخارج.



البروستكلاندينات ولوالب منع الحمل :

منذ قرون كثيرة كان اصحاب الجمال العرب يضعون حصاة صغيرة مدورة في ارحام جمالهم لغرض حمايتها من الحمل عندما تكون في سفر طويل عبر الصحراء. ولم تظهر اهمية هذه الطريقة الا عندما استعملت اللوالب في منع الحمل حديثاً في النساء وبعد أن اجريت عليها تجارب كثيرة قبل أن تصبح على اشكالها الحالية.

وقد اثبتت البحوث أن هذه اللوالب تعمل من خلال تهييجها لبطانة الرحم الذي يحثها على افراز كميات من البروستكلاندينات بصورة مستمرة، وهذه تزيد من حركة قناة البيض والرحم وتمنع انبات المخصبة وبذلك تمنع الحمل.

البروستكلاندينات وجهاز التكاثر الذكري :

على الرغم من اكتشاف البروستكلاندينات في السائل المنوي للذكر منذ القديم، لا يزال تأثيرها في الجهاز التكاثري يلفه الكثير من الغموض. وقد اكدت البحوث أن 30 - 40% من الرجال عديمي الاخصاب اظهروا انخفاضاً في كمية البروستكلاندينات في السائل المنوي.

وظهر أن تناول الاسبرين أو الاندوميثاسين مدة طويلة بجرعات عالية عند المصابين بمرض التهاب المفاصل الروماتزمي خاصة قد أدى إلى انخفاض مستوى البروستكلاندينات وإلى عدم الخصوبة الجنسية عند هؤلاء المرضى.

أما تقلص الرحم وقناة البيض نتيجة للبروستكلاندينات فيمكن أن يكون له دور في التأثير في معدل مرور النطف خلال القناة التناسلية الانثوية باتجاه البويضة، وبذلك تؤثر في قابلية الخصوبة الجنسية. ولهذا تؤثر البروستكلاندينات في الاخصاب ولكن طريقة عملها ما زالت غير واضحة بصورة كاملة لحد الان.

ويعتقد أن اهمية البروستكلاندينات الموجودة في السائل المنوي ينشأ من خلال تأثيرها في مخاط عنق الرحم Cervical mucus افرازات المهبل وتأثيرها في عملية انتقال النطف في الرحم وقنوات البيض.



وظهر أن البروستكلاندينات تساعد على حركة النطف عند اختراقها لمخاط عنق الرحم في خارج الجسم in vitro ، لذلك اقترح بعض الباحثين امكانية استعمالها في علاج بعض حالات العقم الحاصلة. عن صعوبة اختراق النطف لمخاط عنق الرحم في الرجال.



10

الفصل العاشر

فسيولوجيا التناسل

Physiology of Reproduction

فسيولوجيا التناسل

لقد أثارت ظاهدة تكاثر الأحياء إهتمام الإنسان وشغفه منذ أقدم العصور وشهدت المجتمعات نشوء نظريات متناقضة ومتعددة إعتمد أغلبها على الأساطير والخرافات وكان السبب في نشوئها هو غموض الحقائق الأساسية لعملية التكاثر أولاً ثم تعلق هذه الظاهرة بالإنسان بشكل مباشر ثانياً وإرتباطها بإنتقال الصفات الوراثية من الآباء إلى الأبناء وما يعنيه ذلك من تمييز الأقوام والعوائل بعضها من بعض. ولم يتمكن الإنسان إلا في القرن الماضي من حل بعض ألغاز التكاثر والأسرار المتعلقة به، وتحققت قفزات نوعية في فهم هذه العملية المعقدة في السنين القريبة الماضية، وبقى البعض الآخر يلفه الغموض وينتظر الحلول الناجعة.

وقد كان لمعرفة طبيعة الخلايا المسؤولة عن التكاثر والمتمثلة بالنطف والبويضات ودراسة صفاتها وتمييزها في الذكور والإناث على التوالي أثره الكبير في فهم أسرار عملية التكاثر. وساعد فهم عمل الهرمونات ودورها في تنظيم هذه العملية كثيراً في إستيعاب الكثير من جوانب هذه الظاهرة الفسيولوجية المهمة.يقول عالم الوراثة الإسكتلندي بتي (Beatty) إن جسم الإنسان أو الحيوان عبارة عن شيء يشبه الوحدة الأنثوية حتى يتدخل شيء ما مثل الكروموسومات الجنسية الذكرية والهرمونات لتطوير توجهه نحو الذكورة. ولو أخذنا حيوان ما قبل البلوغ أو الحيوان المخصي لوجدناه يحمل الصفات الأنثوية بصورة عامة ذكراً كان أو أنثى.وسوف نحاول في هذا الفصل دراسة فسيولوجيا التكاثر وسنبدأ بجهاز التكاثر الأنثوي لتعقد عمله بعض الشيء عما هو عليه في جهاز التكاثر الذكري.

جهاز التناسل الأنثوي Female Reproductive System

يتكون جهاز التكاثر الأنثوي من الأعضاء الآتية (شكل رقم 10-1):

1- المبيضان: وهما العضوان الجنسيان الأوليان في الأنثى.

2- أنابيب الرحم أو قنوات البيض: ومهمتهما نقل البويضة من المبيض إلى الرحم، وتتم في داخلها عملية الإخصاب.

3- الرحم: وفيه تتطور البويضة المخصبة

4- عنق الرحم: وهو الباب المؤدي إلى الرحم.



5- المهبل: وهو الممر الرئيس المطاط الذي من خلاله تدخل النطف وكذلك يطرح الجنين من الرحم عند الولادة.

6- الفرج أو السوأة: وهو العضو التناسلي الخارجي للأنثى ويشمل منطقة العانة والشفرين الكبيرين والصغيرين والتراكيب الواقعة بينهما ويطلق عليها «الأعضاء التناسلية الخارجية».

أما أنابيب الرحم والرحم وعنق الرحم والمهبل فيطلق عليها «الأعضاء التناسلية الأنبوبية».

شكل رقم (1-10) مخطط يمثل الجهاز التناسلي الأنثوي للإنسان

المبيضان (Ovaries)

يوجد في أنثى الإنسان وأغلب الحيوانات إثنان من الغدد التكاثرية المهمة هما المبيضان أحدهما في الجهة اليمنى والآخر في الجهة اليسرى. ويعمل المبيضان عملين مهمين هما تكوين البويضات أو الجميتات (Gametogenic) وإفراز الهرمونات الستيرويدية (Steroidogenic). ويعد كل عمل منها مكملاً للآخر، حيث أن تكوين البويضات يحتاج إلى تغيرات في القناة التناسلية التي تكون الهرمونات مسؤولة عنها.

كما تستجيب الأعضاء التناسلية اللاحقة (Accessory repriductive organs) في الذكر للهرمونات الذكرية التي تفرزها الخصية. وتعتمد الأعضاء اللاحقة للأنثى في نشاطها على الهرمونات الأنثوية التي يفرزها المبيض. وفي حالة إزالة المبيضين معاً تتداعى الأعضاء التناسلية اللاحقة وتضمحل.ويختلف المبيض في موقعه عن الخصية حيث يبقى المبيضان في التجويف البطني بينما ترحل الخصيتان في الإنسان وجميع الحيوانات في أثناء التطور الجنيني لتستقر في الصفن عند البلوغ وهو أقصى حد لها. أما في الطيور فتبقى في التجويف البطني.ويختلف الشكل الخارجي للمبيض بإختلاف جنس الحيوان ومرحلة الدورة الشبقية (Oestrous cycle) التي يمر بها أو دورة الطمث (Menstrual Cycle) في الإنسان، وكذلك فيما إذا كانت الأنثى من النوع المتعدد الولادات (Polytocous) أو الأحادي الولادات (Monotocous).

ففي الإنسان والحيوانات الأحادية الولادات مثل الأبقار والنعاج والفرس يكون المبيض بيضوي الشكل، بينما يكون في الحيوانات المتعددة الولادات مثل القطط والكلاب والخنازير مشابها لعنقود العنب لإحتوائه على عدد من الجريبات Folicles والأجسام الصفر Corpora lutea. أما في الفرس فيكون شكل المبيض مشابهاً للكلية لوجود فسحة الإباضة Ovulation fossa. ويكون المبيض متماسك اللمس ويحتوي نسيجياً على خلايا طلائية جرثمية Germinal epithelium تكون طبقة واحدة تغطي المبيض وتتكون من خلايا مكعبة أو عمودية Cuboidal or low columnar cells. ويتكون المبيض أيضاً من الغلالة البيضاء Tuncia albugenia ومن كتلة كبيرة من الجريبات المبيضية Ovulation fossa.



أما من الناحية التشريحية فيتكون المبيض من ثلاثة أنواع مهمة من الأنسجة هي الجريبات المسؤولة عن تكوين البويضات وإفراز هرمون الأستروجين Oestrogen والأجسام الصفر المسؤولة عن إفراز البروجستيرون Progesterone ثم الأنسجة البينية Interstitial tissue التي يعتقد أنها تقوم بإفراز الهرمون المرخي Relaxin وهرمون البروجستيرون وكميات قليقة من الهرمونات الذكرية أو الأندروجينات Androgens.

جريبات المبيض (Ovarian Follicles)

يتكون مبيض الأنثى البالغة من أنواع من الجريبات تصنف بحسب حجمها وشكلها الخارجي إلى ما يأتي:

1- الجريبات الإبتدائية أو الأساسية Primary or Primordial Follicles

وتتكون هذه الجريبات من البويضة Oocyte التي تحيط بها طبقة واحدة من الخلايا الطلائية من نوع الخلايا المحببة Granulosa Calls. ويحتوي كل مبيض على أعداد كبيرة من الجريبات الإبتدائية حيث يتطور عدد قليل منها فقط فوق هذه المرحلة في كل دورة طمثية.

2- الجريبات النامية Growing Follicles

وهي الجريبات التي تترك مرحلة الحضانة Resting Stage بوصفها جريبات إبتدائية لتنمو وتتطور، حيث تمر خلاياها بالانقسام الخيطي Mitosis وبذلك يزداد عدد طبقاتها الطلائية لتصبح طبيقتين أو أكثر من الخلايا المحببة. ويحتوي كل مبيض قبل البلرغ على عدد من الجريبات النامية التي قد تصل إلى 200 جريب نام عند البلوغ.

3- جريبات جراف Graafian Follicles

وتسمى هذه الجريبات أيضاً بالجريبات الحويصلية Vesicular follicles وتتكون من الجريبات المحتوية على الغار Antrum التي تتميز فيها الطبقة الشفافة Zona pellucida وكذلك طبقة القراب Theca (شكل رقم 10-2).



a Stages of follicle development

شكل رقم (2-10) صور توضيحية لمراحل نمو الجريبات في المبيض

ويقوم المبيض في هذه المرحلة من نمو الجريبات بممارسة عملين مهمين هما تكوين البويضات وإفراز الهرمونات. تبرز جريبات جراف من سطح المبيض بإزدياد حجم الغار وتنفصل الطبقة المحببة عدا منطقة المتراكم الخلوي Cumulus oophorus أو النقير الجرثومي Germ hillock حيث تستريح البويضة على عشر من الخلايا المحببة وتحيط بها محفظة من



الخلايا هي الطبقة الشفافة.أما السائل الجريبي Follicular fluid فيملأ التجويف ويعمل واسطة لنقل البويضة من الجريب المتفجر Ruptured Follictes ومخزناً للهرمونات التي تكونها خلايا طبقة القراب (وهي الإستروجينات والإندروجينات) والخلايا المحببة (وهي البروجستينات).

4- الجريبات الضامرة Atretic follicles:

وهي الجريبات الناتجة من جريبات جراف التي لم يحدث فيها إباضة وتسمى الجريبات غير البياضة أو الجريبات المتحللة Degenerating follicles.

الأجسام الصفر Corpora lutea

ومفردها الجسم الأصفر Corpus luteum الذي يعد غدة صماء مؤقتة تعمل لعدة أيام فقط عند عدم حصول الحمل. بينما تعمل مدة طويلة عند حصول الحمل.

ويتكون الجسم الأصفر نتيجة حدوث الإباضة وحصول تشقق في قشرة المبيض ينتج عنها نزف دموي يملأ التجويف الجريبي Follicular cavity فتتكون الخثره الدموية Blood clot التي يطلق عليها الجسم النزفي Corpus Haemmorrhagicum الذي يقوم بوظيفة شبكة فيزيائيه ووسطاً غذائياً نتيجة التداخل السريع بين الخلايا المحببة وخلايا القراب. وخلال ثلاثة أو أربعة أيام يهاجم الجسم النزفي بوساطة الخلايا اللوتينية الجديدة New Luteal Cells فيفقد صبغته الغامقة ليصبح بعد ذلك عضواً جديداً يعرف بالجسم الأصفر CL الذي يستمر في عمله عند حصول الحمل ويسمى C.L. Verum أو يتعطل عن العمل عند نهاية الدورة عند عدم حصول الحمل ويسمى عندها C. L. Spurium. ويضمحل الجسم الأصفر عند إنتهاء الحمل او بعد انتهاء الدورة. فتتوقف أفعاله الفسيولوجية ليصبح لونه أبيض لعدم تجهزه بالدم ويعرف هنا بالجسم الأبيض Corpus Albicans.

إن إزالة الجسم الأصفر في الفترة الأولى من الحمل قد تؤدي إلى حدوث الإجهاض في الحوامل، كما إن وجود كميات مناسبة من هرمون البرجستيرون في الدم تمنع حويصلات جراف من النمو والتطور وتوقف الدورة.



القناة التناسلية الأنبوبية (Tubular Genital Tract)

وتشكل أنابيب الرحم والرحم وعنق الرحم والمهبل. وتستخدم هذه القناة طريق مواصلات لمرور النطف. وتقوم هذه القناة بمسك البويضات عند إنطلاقها من المبيض بوساطة النهايات المشرشبه Fimbriates end لأنابيب الرحم.ويحدث الإخصاب Fertilization داخل أنابيب الرحم نتيجة إندماج النطفة الناضجة بالبويضة لتكوين البويضة المخصبة Zygote التي تتحرك بعد ذلك لتستقر في الرحم الذي يعد حاضنة لهذه البويضة. وتتضمن مدة الحضانة التي تعرف بالحمل سلسلة معقدة من الأفعال الفسيولوجية حيث تمر البويضة المخصبة خلالها بمراحل تطويرية مهمة تكون بعدها الجنين Fetus. ويتحرك الجنين بعد إكتمال نموه خلال عنق الرحم والمهبل عند حدوث الوضع Parturition حيث يسمى بعد ذلك بالمولود الجديد Newborn . وعند القيام بمقارنة تشريحية للقناة التناسلية الأنبوبية في الأنواع المختلفة من الحيوانات نجد أن الأرانب مثلاً تمتلك رحماً مضاعفاً Duplex uterus يستخدم لأغراض ثنائية منفصلة بينما تحتوي القطط والكلاب والخنازير على أرحام ثنائية القرون Bi-cornuate uterus وتكون هذه القرون متطورة وطويلة. أما النعاج والأبقار فهي من الحيوانات الأحادية الولادات (Monotocus). ويكون شكل الرحم في الفرس مشابهاً لأرحام المقدمات Primates ولكنه يفقد إلى الحدود المميزة للقرنين وهذا يجعله غير مناسب لنمو التوائم كما هو الحال عند المرأة.

أنابيب الرحم Uterine Tubes

إن أول من وصف أنابيب الرحم أو قنوات البيض Oviducts هو العالم جبرائيل فالوبيس عام 1561 لذلك عرفت بأنابيب فالوب Fallopian tubes، وهما أنبوبان من الأنابيب الملتوية التي توصل بين المبيض والرحم.

وتعد أنابيب الرحم مهمة جداً لأن عملية الإخصاب تتم في داخلها إضافة إلى انها تقوم بنقل البويضة المخصبة بإتجاه الرحم. لذلك تكون نتيجة أي إنسداد في هذه الأنابيب العقم، أما بمنع وصول النطف إلى البويضة وتلقيحها أو بمنع مرور البويضة بالاتجاه المعاكس. وتنفتح الأنابيب عند نهايتها الخارجية الجانبية في داخل تجويف الخلب Peritonial Cavity



حيث تكون هذه الفتحة قريبة الصلة بالمبيض الواقع بجانبها وتكون مشرشبه Fimbriated ومشابهه لشكل القمع "Funnel-Shaped" ويختلف حجمها وشكلها من حيوان لآخر.ففي إناث الفئران والجرذان مثلاً، تستطيع نهاية القناة من جهة المبيض حفظ جميع المبيض في داخلها مكونة كيساً يعرف عادة بالجراب المبيضي Ovarian Bursa . وفي إناث الكلاب، يكون هذا الكيس من الكبر بحيث يسمح للمبيض بالحركة في داخله. كما يضم القمع في إناث الخنازير جميع المبيض في داخله تقريباً. أما في بقية الحيوانات الأليفة فلا تضم النهاية المشرشبه لقناة البيض جميع المبيض في داخلها فنرى الجراب في الأبقار وانعاج غير متكامل بينما لا يضم هذه الجراب في الفرس إلا منطقة فسحة الإباضة Ovulation Fossa فقط. ومع ذلك أظهرت البحوث الحديثة أن الجراب المبيضي غير ضروري لمسك البويضة الناضجة عند إنطلاقها وقت الإباضة، حيث أن قابلية سحب البويضة ومسكها لا تختلف بالنسبة للأجناس المختلفة من الحيوانات سواء أكانت حاوية على الجراب أم لا. كما ظهرت إمكانية سحب البويضة المتكونة في المبيض من جهة معينة إلى قناة البيض في الجهة الأخرى ولا سيما عندما تكون قناة البيض في الجهة الأولى عاطلة عن العمل أو غير موجودة أصلاً لسبب ما.وتوفر أنابيب الرحم طريقا يصل بين التجويف الخبي وخارج الجسم، ويسمى الجزء الأوسط منها بالأنبورة "Ampulla" بينما يطلق على الجزء المجاور للرحم بالبرزخ "Isthmus" .

إن زيادة مستوى الإستروجين في أثناء حصول الإباضة يحفز نشاط الأهداب Cilia الموجودة في بطانة أنابيب الرحم، إضافة إلى إفراز هرمون معجل الولادة Oxytocin نتيجة عملية الجماع الذي يزيد من تقلص الأنابيب ويسرع من نقل البويضة من النهاية المشرشبه إلى الأنبورة خلال ساعتين تقريباً.

ويحدث الإخصاب Fertilization في منتصف أنابيب الرحم تقريباً وتبقى البويضة المخصبة (الزيجة) فيما بين إتصال الأنبورة بالبرزخ Ampulla - Isthmus Junction فترة 3-6 أيام، وهذه المدة ضرورية لتطوير البويضة المخصبة قبل أن تدخل الرحم، حيث أن دخولها إلى الرحم قبل هذه المدة أو تأخيرها يسبب موتها.



وتعد قناة البيض أكثر من نفق حب Tunnel of Love ملائمة لإنتقال وإحتضان البويضة والنطفة والبويضة المخصبة، لأنها توفر لهما مواد غذائية وحوامض مثل الـPyrovate و Lactate إضافة إلى الأيونات الضرورية.

الرحم Uterus or Womb

يتكون الرحم في الإنسان وبقية الحيوانات الأليفة من قرنين Two horns وجسم الرحم Uterine body. وتكون قرون الرحم طويلة ومتطورة في إناث بعض الحيوانات مثل الكلاب والخنازير، مما يساعد على تعدد الولادات في مثل هذه الحيوانات. ويبرز النصف الأسفل من عنق الرحم في النساء في داخل الجزء الأعلى للمهبل، وتحيط به قنوات المهبل Vaginal For-nices. أما الخلب Peritoneum فيغطي الجزء العلوي والخلفي للرحم ويستمر إلى الأسفل بين المهبل والمستقيم.ويكون الرحم على صلة وثيقة بالمثانة من الأمام والمستقيم من الخلف، لذلك تساعد المثانة عل بقاء الرحم في موضعه الطبيعي. يسند الرحم عادة بأربطة Liga-ments تختلف في طبيعتها عن الأربطة الموجودة في أجزاء الجسم الأخرى، حيث تكون عبارة عن تجمعات دقيقة لمكونات ليفية مطاطية Fibroelastic من النسيج الخلوي الحوضي. وتقوم الأربطة العريضة Broad Ligaments بتثبيت الرحم في المنطقة العلوية للحوض، وهذه الأربطة ضرورية في حالة الحمل.ويكون جدار الرحم سميكاً لتكون أغلب أنسجته من عضلات ملساء تسمى بعضلة الرحم Myometrium التي تتكون من ثلاثة طبقات عضلية يغلفها من الخارج غشاء مصلي يتكون من إمتداد الخلب. أما البطانة الداخلية للرحم Endometrium فتكون من أنسجة طلائية ورابطة وغدد.

ويجهز الرحم عادة بكمية كبيرة من الدم، لذلك تكون التغيرات الحاصلة في عضلة الرحم تحت التأثير المباشر لهرمونات المبيض وهي الإستروجين والبروجستيرون. كما إن الطبقة العضلية والبطانة الداخلية للرحم تتغير خلال الدورة الشهرية للمرأة والدورة الشبقية في الحيوانات. ويمكن إيجاز وظائف الرحم بما يأتي:

1- يكون الرحم حاضنة Incubator للبويضة المخصبة (الزيجة).

2-يكون طريقاً لإنتقال النطف إلى قناة البيض، حيث أن جدار الرحم يكون غنياً بالغدد التي تفرز بعض السوائل المخاطية التي تساعد على تقلص الرحم ونقل النطف إلى قناة البيض بسرعة.

3 - تقوم بعض الغدد الرحمية بإفراز الحليب الرحمي Uterine Milk أثناء المدة الأولى للحمل حيث تساعد على تغذية البويضة المخصبة الطليقة عدة أسابيع قبل إنغراسها في الرحم.

4- يعمل الرحم على المحافظة على الجنين أو الأجنة الناميه داخله.

5- يعمل الرحم على طرح الجنين أو الأجنة إلى الخارج في أثناء عملية الولادة أو المخاض Parturtion.

عنق الرحم Cervix

ويعد بمثابة الباب المؤدي إلى الرحم وهو يمثل حاجزاً فسيولوجياً يفصل بين المحيط الداخلي والمحيط الخارجي. ولعنق الرحم فتحتان، الأولى داخلية وتفتح في الرحم والثانية خارجية وتفتح في المهبل الذي يكون ملوثاً عادة. ويتكون عنق الرحم من عضلات سميكة متماسكة تستطيع التقلص لسد هذا الممر والتمدد لإستيعاب حجم الجنين المار عند الولادة. ويحتوي عنق الرحم على جسور مستعرضة أو حلقات دائرية وتكون النهاية المهبلية لعنق الرحم منطبقة جداً لتكون العظم الرحمي Os uteri. ويتكون عنق الرحم من خلايا طلائية عمودية تتداخل فيما بينها خلايا جوبلت Goblet Cells التي تعمل على إفراز مخاط عنق الرحم تحت تأثير هرمون البروجستيرون. ويتخذ مخاط عنق الرحم دور حارس الباب الذي يسمح فقط للنطف الطبيعة بالمرور إلى تجويف الرحم مانعاً دخول الأجسام الغريبة وبروتينات البلازما المنسلية.

أما الطبيعة الفيزيائية لمخاط عنق الرحم فلها دور مهم في الخصوبة الجنسية حيث يمنع المخاط ذو القوام الكثيف اللزوجة بصورة فعالة إختراق النطف ودخولها إلى الرحم وهو ما يشاهد في الطور الإفرازي للدورة الشهرية. كما أن لزوجته تعود إلى تأثير هرمون البروجسترون المفرز خلال هذا الطور أو تعاطي حبوب منع الحمل.



المهبل Vagina

المهبل عضو إتصال جنسي تمر خلاله النطف ويكون ممراً للجنين في أثناء عملية الوضع أو المخاض. وتكون الخلايا الطلائية المبطنة للمهبل تحت تأثير هرمونات المبيض في أثناء الدورة الشبقية، لذلك تستخدم اللطخات المهبلية Vaginal smears في بعض الحيوانات لتشخيص مراحل الدورة الشبقية في إناث الفئران والجرذان والكلاب وغيرها.

تنسلخ الخلايا السطحية من داخل التجويف المهبلي بصورة مستمرة حيث تكون مع المخاط الذي تفرزه الغدد العنقية ما يعرف بالإفرازات المهبلية. وتوجد في المهبل أنواع من الأحياء المجهرية الدقيقة تعرف بالاكتوباسيلس دودرلين Lactobacilli Doderlein تقوم بتحويل الجلايكوجين الموجود في خلايا إلى حامض اللبنيك Lactic Acid لذلك يكون محيط المهبل حامضياً في العادة.أما الغدد الدهليزية Vestibular Glands المعروفة بغدد بارثولين Bartholin`s Glands التي تكافىء الغدد البصيلية الإحليلية المعروفة بغدد كوبر Cowper`s Glands في الذكور، فتفتح في الدهليز وتعمل إفرازاتها على تزييته. ويعد غشاء البكارة Hymen طية أفقية من القسم الأمامي للمهبل حيث يتمزق هذا الغشاء في المرة الأولى للإتصال الجنسي.

الفرج أو السوأة Vulva

وهو نهاية الجهاز التناسلي للأنثى وفيه عدد من العضلات الضاغطة الدائرية التي تتحكم في فتحه وإغلاقه. ويحتوي الفرج على البظر Clitoris والشفرين الصغيرين والكبيرين وتفتح فيه فتحتا المهبل والإحليل. ويعد الفرج أغنى أعضاء الجهاز التناسلي بالأعصاب الحسية.

الدورة الشهرية أو دورة الطمث Menstrual Cycle

ما إن تصل الفتاة إلى سن البلوغ حتى يبدأ تدفق الطمث خلال فترات قد تكون غير منتظمة في البداية، ولكنها تأخذ بالإنتظام بعد فترت من الزمن ويحدث الطمث مرة في كل شهر عند أغلب النساء (عند عدم حدوث الحمل) وحتى تصل المرأة إلى سن الخامسة والاربعين تقريباً (الأياس Menopause) حيث تبدأ بعدم الإنتظام مرة أخرى.



وتعرف المدة الواقعة بين اليوم الأول لحدوث الطمث واليوم الذي يسبق حدوث الطمث التالي بالدورة الشهريه أو الدورة الطمثية. لذلك تشمل الدورة الطمثية أيام حدوث النزف الدموي إضافة إلى الفترة الواقعة بين الطمث وآخر. ويتراوح طول هذه الدورة عند معظم النساء بين 24-32 يوماً وبمعدل 28 يوماً، أما بالنسبة للحيوانات الأخرى مثل الشمبانزي فتبلغ حوالي 35 يوماً. ويمثل حدوث الطمث الذي يحصل من جراء تفتت بطانة الرحم ذروة الأحداث المغلقة المتسلسلة التي تهيء الرحم لإستقبال البويضة المخصبة عند حصول الحمل. أما عند عدم حصول الحمل، فإن بطانة الرحم تنسلخ وبذلك تعاد سلسلة الأحداث بكاملها مرة أخرى.

ويسيطر ما تحت المهاد بصورة رئيسة ومطلقة على سلسلة الأحداث هذه كما يتأثر هذا الجزء من الدماغ بالإنفعالات والإضطرابات العصبية والشعورية النفسية. فقد تتأخر الدورة الشهرية في بعض الأحيان عن الظهور لفترة قد لا تتجاوز السنة وهي الحالة التي تعرف بغياب الطمث أو الظهي (Amenorrhoea). يقوم ما تحت المهاد خلال الطمث بإرسال كميات من الهرمون المحرر لهرمون محفز الجريبات FSH-RH لتحفيز خلايا الغدة النخامية لإنتاج هرمون محفز الجريباتFSH وعندما تزداد كمية هذا الهرمون في الدم تقوم بتحفيز 12-20 جريب من جريبات المبيض. وفي أثناء نمو هذه الجريبات ينتج هرمون الأستروجين وتزداد كميته في الدم (شكل رقم 10-3). وللأستروجين عدة تأثيرات على أنسجة القناة التناسلية وخاصة بطانة الرحم التي تتهيأ عند وجوده. وفي نهاية دورة الطمث ينسلخ الجزء الأكبر من هذه البطانة بعد تفتتها يختلط مع الدم ويخرج من الرحم مكوناً ما يعرف بجريان الطمث Menstrual Flow. وتتكون بطانة الرحم من أنابيب ضيقة تسمى غدد البطانة وتستقر هذه الغدد في عدة طبقات من الخلايا تسمى لحمة البطانة Endometrial Stroma Cells ويساعد الإستروجين على نمو هذه الغدد. وتزداد خلايا اللحمة بوساطة التوالد Prolifiration، ولذلك تطلق على هذه التغيرات في الرحم التغيرات التوالدية وتسمى المدة التي فيها بمرحلة التوالد Prolifiration Phase أو المرحلة الإستروجينية Oestrogenic Phase. وعند نمو الجريبات يستمر مستوى الأستروجين بالإزدياد في الدم حيث يصل في اليوم الثالث عشر من بدء الطمث إلى ستة أضعاف كميته عند البداية. وهذه الزيادة في كمية الإستروجين تؤثر في ما

تحت المهاد بوساطة التغذية الإسترجاعية السالبة مسببة خفض الهرمون المحرر لهرمون محفز الجريبات FSH-RH. وفي الوقت نفسه تحفز ما تحت المهاد لإفراز هرمون آخر هو الهرمون المحرر للهرمون اللوتيني LH-RH. ويتم حمل هذا الهرمون بوساطة دم الأوعية التي تربط ما تحت المهاد بالغدة النخامية وبذلك تحفز بعض الخلايا المخصصة في الغدة النخامية

شكل رقم (3-10) مخطط يبين نشوء الجسم الأصفر في المبيض بعد الإباضة وإفراز هرمون البرجستيرون والإستروجين وتغيرات بطانة الرحم خلال الدورة الشهرية.

لإفراز الهرمون اللوتيني LH حيث تحدث الإباضة بسبب إنفجار أحد جريبات المبيض طارحا محتوياته الحاوية على البويضة، ثم يقوم بعد ذلك بتغيير الخلايا التي تكون الجريب المنفجر إلى اللون الأصفر البراق وهو ما يعرف باللاتينية Luteus ومن هنا جاءت تسميته بالهرمون



اللوتيني. وتحدث هذه التغيرات في اليوم الرابع عشر من بدء الطمث في الفتاة ذات الدورة الشهرية الطبيعية، حيث يتدفق الهرمون اللوتيني ويندفع خلال الدورة الدموية ليصل إلى المبيض فيسبب إنفجار الجريب الذي وصل إلى أعلى درجة من النمو والذي إنتفخ كامنطاد وظهر على سطح المبيض على شكل كيس يرى بالعين المجردة. وعند إنفجار هذا الجريب، تندفع البويضة الموجودة في داخله مع السائل الذي تنسلخ إلى خارج المبيض، لتمسك عندها بوساطة النهايات الإصبعية لقناة البيض. وتسير بعد ذلك ببطء خلال تجويف قناة البيض لتصل إلى مكان حدوث الإخصاب.وحالما تطرح البويضة، ينكمش الجريب الفارغ. ويعمل الهرمون اللوتيني على خلايا جدران الجريب محولاً لونها إلى الأصفر، حيث يسمى الجريب المنكمش عندها بالجسم الأصفر Yellow Body أو ما يعرف باللاتينية Corpus Luteum. ويعزى سبب تغير لون خلايا الجسم الأصفر إلى تغير نشاط هذه الخلايا حيث لا تستمر في إفرازها لهرمون الإستروجين فقط وإنما تبدأ بصنع هرمون آخر هو البروجستيرون Progesterone وهي تسمية لهرمون يهيئ الرحم لحالة الحمل التي تدعى باللاتينية Progestos أما بقية الكلمة فتدل على نوع المادة الكيميائية الداخلة في تركيبه.

ويعد البروجستيرون ثاني الهرمونات الجنسية أهمية، وله فعاليات ووظائف كبيرة في جسم الأنثى. وتتضمن هذه الوظائف بصورة رئيسة، العمل على بسط العضلات اللإرادبة، وزيادة الإفرازات الدهنية للجلد، ورفع درجة حرارة الجسم.وهذا يفسر وصول درجة حرارة جسم المرأة إلى 37.6 درجة مئوية في النصف الثاني من الدورة الشهرية.

كما أن أهم التأثيرات التي يتجلى فيها عمل البروجستيرون هو تأثيره على الرحم حيث يجعل جداره سميكاً ويحفز الغدد لإفراز سائل مغذي حيث تصبح ذات قابلية على الإرضاع، وهذا يساعد على تغذية البويضة المخصبة قبل الإنغراس. وتدعى المدة التي تتم فيها هذه التغيرات بعد حدوث الإباضة بالمرحلة اللوتينية Luteal phase أو المرحلة البروجستينية Progestational phase. وعند عدم إنغرلس البويضة المخصبة في بطانة الرحم يضمحل الجسم الأصفر وبذلك ينخفض مستوى البروجستيرون والإستروجين في الدم وهذا له تأثيران مهمان هما:



أولاً: زوال الضغط على الهرمون المحرر لهرمون محفز لاجريبات FSH-RH من تحت المهاد فيزداد إنتاج هرمون FSH بوساطة الغدة النخامية.

ثانياً: تبدأ بطانة الرحم السميكة بالإنكماش نتيجة قلة الإستروجين والبروجستيرون فتتخدش الأوعية الشعرية وتتمزق مسببه حدوث بقع نزفية في الطبقات العميقة لهذه البطانة، وتنفصل وتتفتت وتنسلخ داخل تجويف الرحم مختلطة بالدم.وخلال ساعات قليلة تكون كمية الدم من داخل الرحم بدرجة تجعل الرحم يتقلص طارحاً هذه المحتويات خلال عنق الرحم إلى المهبل وبذلك يبدأ جريان الطمث. وتعاني نسوة عديدات من الآلآم خلال فترة الطمث ويطلق على هذه الحالة عسر الطمث Dysmenorrhea وتتمثل بتشنجات في المنطقة السفلى للبطن تبدأ قبل 24 ساعة من الطمث وتستمر مدة 12 ساعة أخرى ثم تعود إلى حالتها الطبيعية.

عملية نشأة البويضات Oogenesis

تجري عملية نشأة البويضات ضمن قشرة المبيض Cortex الذي يشمل الطبقة الخارجية ويحيط باللب Medulla. وتجهز كل أنثى بحاجتها من الخلايا الجرثومية Germ Cells منذ الولادة التي تمو بمراحل نضوج دورية خلال الحياة. وعلى الرغم من أن هذه العملية لا تصبح ذات وجود كامل إلا بعد البلوغ. فهناك إنخفاض متزايد في مثل هذا العدد من الخلايا الجرثومية بين الولادة والبلوغ وبمعدل 50%. ويحتوي المبيضان عند البلوغ في النساء مثلا على حوالي نصف مليون خلية جرثومية وفي كل شهر تحاول الكثير من هذه الخلايا المرور بعملية النضوج لتكوين البويضة ولكن واحدة فقط من هذه الخلايا تستطيع الإستمرار في مراحل النضوج بينما تمر الباقي بمراحل التنكس والإضمحلال في العادة.

وتكون الخلية الجرثومية الطبيعية في البداية، خلية البويضة الأولية Primary Oocyte التي يحدث فيها إنقسام إختزالي أو ما يعرف بالإنقداد Meiosis لتتكون خلية البويضة الثانوية Secoandary Oocyte . في أثناء حدوث هذه التغيرات، تتخصص الخلايا التي تحيط بخلية البويضة لتكون جريب جراف Graffian Follicle. الذي يمتلىء بالسائل. وقبل حوالي 14 يوماً من تدفق الطمث، ينفجر جريب جراف لتتحرر منه خلية البويضة الثانوية التي تمر بالإنقسام الخيطي Mitosis حيث تتحول بعده خلية البويضية الثانوية إلى بويضة تكون



مستعدة للإخصاب، تضمحل خلية البويضية وتموت عند عدم حدوثه. ويعقب تحرر خلية البويضة الثانوية من المبيض في عملية الإباضة تغيرات خلوية في جريب جراف الواهط حيث يتحول إلى الجسم الأصفر.

وتفرز الخلايا الموجودة عند حواشي جريب جراف هرمونات إستروجينية بينما تفرز خلايا الجسم الأصفر هرمون البروجستيرون. لذلك يمكن تقسيم دورة الطث إلى مرحلة ما قبل الإباضة Pro- ovulatory ومرحلة ما بعد الإباضة Post- ovulatory حيث تحتل هذه المراحل النصفين الأول والثاني من الدورة الشهرية على التوالي.

لقد أوضحنا سابقاً التغيرات التي تحدث في أثناء دورة الطمث في بطانة وطلاء أنابيب الرحم والتركيب الخلوي للمهبل وفقدان المواد المخاطية في قناة عنق الرحم. وهذه التغيرات تتزايد في بطانة الرحم. إن جميع هذه التغيرات تتضمن إزالة المخاط من قناة عنق الرحم لتغيير الظروف الملائمة لمرور النطف من خلاله وتحدث تغيرات كثيراً في الأنثى عند الوصول إلى عمر البلوغ الجنسي أو وقت إبتداء الطمث أو الحيض Menarche. كما أن بدء الحيض لا يعني أن الفتاة تصبح مخصبة، حيث أن هناك عادة مدة بين بدء الحيض ووقت القدرة على الإباضة، أو بتعبير آخر قدرة الأنثى على الحمل والتكاثر.

إن المدة الزمنية بين حدوث البلوغ وقابلية الفتاة على الحمل قد تمتد من شهر إلى عدة سنوات وتسمى بفترة اليفاعة أو المراهقة Adolescent Intervale . ومن الواضح أن الفتاة الشابة تكون عقيمة خلال المدة رغم حدوث الطمث حيث لا تحدث الإباضة وتكون الفتاة عندها غير قادرة على الإخصاب والحمل. ويمكن أن تغير إفرازات الغدد الصم موعد الإباضة أو توقفها. وكما ذكرنا سابقاً تقلل المستويات العالية من الإستروجين أو البروجسترون من إفراز الهرمونات المحرضة للقند ثم تؤدي إلى هبوط في وظيفة المبيض. وقد يحدث بصورة غير طبيعية أن تكون هناك فترات طويلة وفائضة لإفراز الاستروجين مع وجود إفراز نسبي من البروجستيرون تكون نتيجة زيادة غير طبيعية في سمك بطانة الرحم وتسمى هذه الحالة فرط تنسج بطانة الرحم Endometrial hyperplasia حيث لا تحدث الإباضة في مثل هذه الحالة عادة.



جهاز التناسلي الذكري Male Reproductive System

يتكون جهاز التناسل الذكري من الأعضاء الآتية (شكل رقم 10 - 4):

شكل رقم (10 - 4)

مخطط يمثل الجهاز التناسلي الذكري للانسان

1. الخصيتان Testes
2. البربخ Epididymis
3. القناة الناقلة (الأسهر) Vas Deferens
4. الغدد اللاحقة Accessory Glands وتشمل:

أ- الحويصلات المنوية Seminal Vesicles

ب- البروستات (الموثة) Prostate

ج- الغدد البصلية الإحليلية Bulbo-Urethral Glands أو غدد كوبرCowper`s Glands

5. القضيب Penis



الخصية Testis :

يوجد في الإنسان وجميع ذكور الحيوانات غدتان من الغدد التكاثرية المهمة هما الخصيتان اليمنى واليسرى، وهما العضوان الجنسيان الأوليان في الذكر ويسميان بالقند أو المنسل Gonad ويقعان في داخل كيس من الجلد الرقيق يسمى الصفن Secrotum ولهما وظيفتان أساسيتان هما:

1- **إنتاج النطف أو الحيامن** Spermatogenic :

وتنتج النطف من النبيبات الناقلة للمني Seminiferous Tubules.

2- **إنتاج الهرمونات الستيرويدية** Steroidogenic :

وتشمل إنتاج الهرمونات الجنسية الذكرية وبخاصة هرمون الشحمون الخصوي Testosterone بوساطة الخلايا البينية المسماة خلايا ليدك Leydig's cells تحت سيطرة الهرمون اللوتيني LH المفرز من الغدة النخامية الذي يعرف في الذكور بهرمون محفز الخلايا البينية Interstitial Cell Stimulating Hormone ICSH وربما يساعده في ذلك هرمون محفز الجريبات FSH. وتقسم الخصية من الناحية النسيجية على قسمين هما:-

أ- القشرة Cortex : وتشكل الجزء الأكبر من الخصية التي تنتج النطف والهرمونات.

ب- اللب Medulla : ويشمل مركز الخصية وهو مليء بالأوعية الدموية واللمفاوية والأعصاب.

وتقسم الخصية على عدد من الفصوص Lobules يحتوي كل منها على عدد من النبيبات الناقلة للمني تتراوح بين 1 و 4 تحاط بنسيج رابط رقيق يحتوي على تراكيب صفائحية وأوعية دموية وأعصاب إضافة إلى الخلايا البينية المسماة بخلايا ليدك التي توجد على شكل مجاميع (شكل رقم 10-5) .

شكل رقم (10-5) الخصية ومكوناتها النسجية

ويبدأ كل نبيب من طرف القشرة بنهاية مسدودة، يتجه نحو اللب مكوناً النبيبات الملتوية Convoluted Tubules التي تتحد مع بعضها ببعض مكونة نبيبات أكبر قطراً وأكثر طولاً تدعى بالنبيبات المستقيمة Recti Tubules . وهذه بدورها تتحد مع بعضها مكونة شبكة



الخصية Rete Testis . أما الصفن Secrotum فهو عبارة عن حقيبة من الجلد الرقيق المتخصص الذي يحوي الخصيتين، ويكون مصمماً بصورة دقيقة لأداء وظيفته. ويكون الجلد ذا صبغات دائماً ليسمح بالإشعاع الحراري ويكسوه شعر خفيف ولا يحتوي على انسجه دهنية تحته تمنع فقدان الحرارة من الخصيتين واوعيتهما الدموية. وينقسم الصفن الى حجرتين ويفصل بينهما حاجز.

البربخ Epididymis :

وهو عبارة عن تركيب أنبوبي يتصل ويرتكز على الجزء الخلفي للخصية حيث يلتصق بالحافة البربخية للخصية ويميل بعض الشيء على السطح الجانبي لها. ويتكون البربخ من ثلاثة أقسام تكون نهايته الأمامية متضخمة وتسمى الرأس Head بينما تكون النهاية الخلفية أقل تضخماً وتسمى الذيل Tail ويفصل بين النهايتين المذكورتين جزء وسطي ضيق بعض الشيء يسمى بالجسم Body.ويتصل رأس البربخ بالخصية بقنوات متعددة تسمى بالقنوات الصادرة Efferent ductules للخصية، وكذلك بالنسيج الضام والغشاء المصلي. أما القناة الناقله أو الأسهر Vas deferens فتفتح عند ذيل البربخ. وتمر القناة الناقلة إلى الأعلى في داخل الجوف البطني خلال القناة الاربيه Inguinal canal . ويكون ذيل البربخ مخزناً للنطف ويعمل على نقل النطف بوساطة الخلايا الهدبة المبطنة له وتقلص عضلاته لذلك يمنع إنسداد هذا الجهاز المعقد مرور النطف خلال الإحليل في أثناء عملية القذف وبذلك يؤدي إلى عدم وجود النطف في المني حيث تعرف هذه الحالة بالانطفية Azoospermia. ويعمل البربخ على تركيز النطف من خلال إمتصاص خلاياه الطلائية للماء الموجود في السائل المنوي.

القناة الناقلة أو الأسهر Vas deferens:

وتبدأ هذه القناة من ذيل البربخ لتمتد نحو الأعلى خلال القناة الاربيه حيث تستمر فوق المثانة وتقترب القناتان اليمنى واليسرى بعضهما من بعض قرب رقبة الحويصلات المنوية بفتحة مشتركة تسمى فتحة التدفق Ejaculatory Orifice. وللقناة الناقلة قطر منتظم يمتد في جميع طولها ما عدا التوسع الواقع فوق المثانة المسمى بالأنبورة Ampulla.

الحويصلات المنوية Seminal Vesicles :

وهي عبارة عن كيسين على شكل مخروط يقعان في جانبي السطح الظهري للجزء الخلفي من المثانة داخل تجويف الإحليل مع القناة الناقلة بفتحة مشتركة هي فتحة التدفق. وتفرز الحويصلات سائلاً لزجاً يحتوي على نسبة عالية من الفركتوز Fructose وحامض الستريك Citric Acid وأيونات البوتاسيوم وبعض الأنزيمات. ويكون لون السائل مائل إلى الصفرة. وقد أظهرت البحوث العملية أن إفرازات الحويصلات المنوية تشكل حوالي 50%من حجم القذفة. وتكون الحويصلات صغيرة ومضغوطة في الإنسان إذا ما قورنت ببعض اللبائن الأخرى. وتقوم الهرمونات الذكرية أو الأندروجينات بتنظيم كمية الفركتوز في السائل المنوي إلى حد كبير، لذا يعد مؤشراً حساساً للنشاط الصحي للخصيتين لا سيما في اللبائن التي تفرغ جميع إفرازات الحويصلات بقذفة واحدة مثل الإنسان والحصان. أما في الثور حيث تمتلك الحويصلات قدرة على الخزن فإن محتويات ثماني قذفات متعاقبة يمكن جمعها خلال ساعة واحدة تحتوي على نسب مماثلة من الفركتوز تقريباً. لذلك يمكن تقدير كمية الفركتوز في الحيوان بمقدار ما تحويه الوحدة الحجمية وليس الكمية الكلية. ويكون الفركتوز مصدراً للطاقة التي تحتاجها النطف في السائل المنوي، لذا كان ضرورياً لتحديد طول المدة التي تعيشها هذه النطف. وتكون قناة كل حويصلة منوية قصيرة تتصل غالباً بالقناة الناقلة مباشرة لتكون القناة القاذفة، وعند إتصالها بقناة الحويصة المنوية يلاحظ وجود تمدد صغير في القناة الناقلة يسمى بالأنبورة Ampulla .

الموثة أو البروستات Prostate :

تقع غدة البروستات فوق عنق المثانة وفي بداية الإحليل، وتتكون من فصين جانبين يوصل بينهما البرزخ Isthmus الذي هو عبارة عن شريط عرضي يقع فوق إتصال المثانة بالإحليل، ويغطي الجزء الأخير من القناة الناقلة، وقنوات الحويصلات المنوية. ولكل فص من فصوص البروستات قناة تفتح على جانبي الإحليل. وقد بينت البحوث أن لغدة البروستات أهمية بحيث أنها يمكن أن تنغص حياة أي رجل بعد الخمسين من العمر، لذا من الواجب أن نذكرها بشيء من التفصيل.



تتكون البروستات من جزء غدي Glandular وجزء ليفي عضلي Fibromuscular فالجزء الغدي يستجيب لبعض الهرمونات الذكرية، كما أن إصابة غدة البروستات بالسرطان مثلاً يؤدي إلى إصابة النسيج الغدي بالاستروجينات التي يستجيب للعلاج بالاستروجينات أما تضخم البروستات فيكون سببه تضخم Hypertrophy الجزء الليفي العضلي وفي الحالة المسماة بتضخم البروستات الحميد Benign التي يكون مصحوباً بزيادة في نسبة الإستروجين إلى الهرمون الذكري أما سببه فهو انخفاض إفراز الهرمون الذكري عادة من الخصيتين نتيجة تقدم العمر أو زيادة الإستروجين في الخصيتين أو من قشرة الغدة الكظرية ولما كانت البروستات تحيط بالإحليل بعد خروجه من المثانة مباشرة كان أي تعرض لتضخمها يضطرب عملية التبول Micturition or Urination ويحتوي إفراز البروستات في بعض الحيوانات على أنزيم يقوم بتخثر إفراز الحويصلات المنوية بعد قذف السائل المنوي وهذا يؤدي إلى تكوين سدادة المهبل الصلبة Solid Vaginal Plug التي تؤكد أن السائل المنوي وما يحتويه من النطف يبقى في القناة التناسلية لإناث هذه الحيوانات وقتاً أطول منه عليه عند الإنسان أما في الإنسان فيقذف السائل المنوي بهيئة هلامية ثم يصبح سائلاً بعد القذف وإذا جمع مني الإنسان في أنبوبة اختبار فإنه يصبح سائلاً عند الاحتفاظ به بدرجة حرارة الغرفة

توجد البروستات في نسيج غدي أصغر الذي يكون قصيصات البروستات Prostatic Lobules التي تكون غالباً موزعة على جوانب الإحليل وخلفه ويغلف البروستات محفظة سميكة تحتوي إفرازات البروستات في الإنسان على كمية من حامض الستريك Citric Acid يعتمد محتواه على الهرمون الذكري لذلك يمكن استخدام هذا الحامض في السائل المنوي دليلاً حساساً لنشاط هرمونات الخصية وبصورة عامة يكون محتوى حامض الستريك في السائل المنوي بعد عملية الإخصاء وعودته للظهور والارتفاع بعد العلاج بهرمونات الذكرية أكثر دلالة على التغيرات في تركيز المكونات الأخرى من الحويصلات وتحتوي إفرازات البروستات كذلك على السبيرمين Spermine والسبيرميدين Spermidine وهي من المكونات العضوية التي تعطي السائل المنوي رائحته المميزة كما أن وجود حامض



لتشخيص وجود المني بوساطة التفاعلات الكيمياوية المتبعة في أحد إختبارات الطب العدلي. ويحتوي السائل المنوي في البرستات على مواد شبيهة بالهرمونات هي الموثينات أو البروستكلاندينات التي تكلمنا عنها سابقاً ويوجد منها كميات كبيرة في إفراز الموثة أو البروستات.

الغدد البصلية الإحليلية Bulbo-urethral glands :

وتسمى هذه الغدد بغدد كوبر Cowper`s glands نسبة الى إسم مكتشفها. وهي زوج من الغدد توجد كل واحدة منها على جانبي الإحليل في الإنسان، وتحتوي كل غدة على عدد من القنوات الإفرازية تفتح في الإحليل على شكل حليمات Papilla صغيرة خلف البروستات. وتفرز الغدد البصلية الإحليلية في المراحل المبكرة للتهيج الجنسي زيتاً لزجاً يفرغ في الإحليل على طول قناة دقيقة تثقب الغشاء الأسفل للحجاب البولي التناسلي. وكل غدة من الغدد البصلية الإحليلية تكون ذات لون بني مائل إلى الصفرة بحجم الحمصة تقريباً. وتمتلك بعض اللبائن ثلاثة أزواج من هذه الغدد كما في الحيوانات ذات الجراب. وتكون الغدد كبيرة الحجم وذات تركيب إسطواني طويل في الخنزير. كما أن للسنجاب غدة كبيرة الحجم ومعقدة نسبياً.

القضيب Penis :

يتكون القضيب من ثلاثة أعمدة من نسيج له القابلية على الإنتصاب يسمى بالنسيج الناعظ Erectile Tissue. وتتحد هذه الأعمدة مكونة ما يسمى بجسم القضيب Body or shaft، ولكنها تنفصل بعضها عن بعض عند جذر القضيب Root. ويحتوي القضيب على جزء ثالث إضافة إلى الجسم والجذر وهو الحشفة Glans. يحفظ الجزء ما قبل الصفن من القضيب في جيب جلدي يسمى القلفة Prepuce. ويتكون النسيج الناعظ من فراغات كهفية كبيرة Large Cavernous Spaces تمتلىء بالدم في أثناء إنتصاب القضيب. ويحيط جسم القضيب محفظة ليفية Sheath or Fibrous Capsule. أما حشفة القضيب فلا تكون مغطاة بمثل هذه المحفظة الليفية. كما يكون الجلد الذي يغطي جسم القضيب غير متماسك ويتحرك بحرية على الأنسجة التي تحته وينطوي على نفسه نحو الخلف عند الحشف مكوناً ما يسمى بالقلفة أو الجلد الأمامي Foreskin . أما في الجهة الخلفية للحشفة فتوجد طية غير سميكة من الجلد



تمر من القلفة إلى الحشفة فوهة الإحليل الخارجية مباشرة يسمى بالشكال Frenulum. أما عملية الختان Circumcision التي تمارس في بعض الأديان السماوية، ففيها يتم إزالة الجزئ الفائض من القلفة أو الجلد الأمامي الذي يمتد ليغطي الحشفة كلياً. إن إنتصاب القضيب والقذف يقعان تحت سيطرة الجهاز العصبي نظير الودي والجهاز العصبي الودي على التوالي اللذان يكونان الجهاز العصبي الذاتي أو اللاإرادي. فإنتصاب القضيب يكون تحت سيطرة الجهاز العصبي نظير الودي ويتم نتيجة زيادة كمية الدم وتدفقه في شرايين القضيب وبكميات كبيرة. أما عملية القذف فتكون تحت سيطرة الجهاز العصبي الودي وتتكون من سلسلة من التقلصات المنتظمة المتوافقة التي تبدأ من البربخ وتمتد على طول القناة الناقلة ثم تتقلص عضلات البروستات وكذلك العضلات الموجودة حول بصلة القضيب حيث يلفظ السائل المنوي على طول الإحليل من خلال القضيب إلى الخارج. وتمتلك بعض اللبائن ومنها الكلاب مثلاً عظماً في القضيب يسمى عظم القضيب Os penis، يقع في حاجز القضيب بين الأجسام الكهفية ويكون منظم الشكل عادة حيث يساعد على زيادة تصلب القضيب عند الإنتصاب، كما يوجد العظم أيضاً في عدد كبير من القوارض وأكلات اللحوم واللبائن المتقدمة ولكنه غير موجود في الإنسان. ويكون من الكبر في عجل البحر Walrus وبعض الحيتان حيث يصل طوله إلى ستة أقدام تقريباً.

النبيبات ناقلة المني Seminiferous Tubules :

هناك تشابه نسيجي مدهش بين مختلف اللبائن في مظهر النبيبات الناقلة للمني فنصف قطر هذه النبيبات في الفيل هو نفسه في الفأر على الرغم من الإختلاف الكبير في حجم خصى الحيوانين.

وتتكون النبيبات المنوية من طبقة خارجية تغطي النبيبات تسمى بالغشاء القاعدي Basement membrane. وتقع قرب الغشاء، الخلايا الأبوية Father Cells المسماة بأسلاف الخلية النطفية Spermatogonia.

أما الطبقة الداخلية للنبيبات فهي عبارة عن خلايا طلائية جرثومية Germinal epithelium تشمل الخلايا الجرثومية (المولدة) وخلايا سرتولي (الساندة).

خلايا سرتولي (الساندة) Sertolli Cells :

وهي خلايا كبيرة مثلثة الشكل تنشأ من طلاء النبيبات وتكون قاعدتها مثبتة على الغشاء القاعدي وقممها باتجاه تجويف هذه النبيبات.

ويحتوي سايتوبلازم خلايا سرتولي على الميتوكوندريا وشبكه بلازمية محببة أو غير محببة ويكون غنياً بالجلايكوجين والبروتينات والدهون، وفيه نواة بيضوية الشكل تقع قرب قاعدة غشاء الخلية بجوار الغشاء القاعدي للنبيبات الناقلة للمني.

وقد اختلفت الآراء حول الوظائف الاساسية لخلايا سرتولي في عملية نشأة النطفة، ولكن تأكد أنها تلعب دوراً كبيراً لاحتضان واسناد تطور الخلايا الجرثومية المولدة. كما أن لها دوراً في تغذية النطف غير الناضجة قبل مغادرتها النبيبات وانطلاقها بعد البلوغ إلى تجويف النبيبات.

ويعتقد أن لخلايا سرتولي دوراً مهماً في التوسط والسيطرة على الهرمونات التي تؤثر في عملية نشأة النطفة وكذلك افراز الهرمونات الستيرويدية وانتاج السائل الخصوي Testicular Fluid، وتكون خلايا سرتولي حاجز بين الخصية والدم الداخل إليها حيث تمنع دخول الأجسام الغريبة إلى النبيبات الناقلة للمني.

الخلايا الجرثومية (المولدة) Germ Cells :

وهي الخلايا الجنسية المولدة للنطف في الذكور، وتنشأ من طلاء النبيبات الناقلة للمني ايضاً، وتكون بمراحل مختلفة من التطور.

وتحتوي الخلايا الجرثومية على نواة كبيرة نسبياً تحتوي على العدد الكامل من الكروموسومات (2n) الممثل لنوع الحيوان. كما أن فعالية هذه الخلايا لا تكتمل إلا عند بلوغ الحيوان. وقد ظهر أن الخلايا الجرثومية، قد تبدأ بالتطور منذ المراحل الجنينية، حيث ثبت ذلك جلياً في الفحوصات المجهرية التي اجريت للنبيبات المأخوذة من خصية العجول البالغة رغم أن أقصى درجات التطور تحدث بعد البلوغ.

نشأة النطفة Spermatogenesis :

تتشابه خلايا نشأة النطفة داخل النبيبات الناقلة للمني في الاساس في الإنسان وجميع الحيوانات تقريباً. وتشمل عملية نشأة النطفة سلسلة معقدة من الانقسامات الخلوية والتخصصية يختزل خلالها العدد الكامل من الكروموسومات الممثلة للنوع إلى النصف (n)، حيث تتطور الخلايا الجنسية وتمر بادوار وتحورات مختلفة تؤدي بعد ذلك إلى انتاج النطف.



وتبدأ عملية نشأة النطفة بتطور وانقسام الخلايا الابوية المسماة اسلاف الخلية النطفية Spermatogonia ورحيلها من منطقة وجودها في الغشاء القاعدي للنبيبات إلى التجريف حيث تنقسم انقساماً خيطياً Mitosis مكونة نوعين من الخلايا، احدهما خامل والآخر فعال. ويستمر النوع الفعال من الخلايا بالانقسام لاعطاء خليتين ايضاً احداهما خاملة والأخرى فعالة وتستمر الخلايا الخاملة لاعطاء النتيجة نفسها في كل مرة وذلك لحفظ العدد الثابت من الخلايا الجنسية.

أما الانواع الفعالة من هذه الخلايا فتكبر بالحجم وتنقسم مكونة الخلايا النطفية الاولية Primary spermatocytes التي تنقسم بدورها انقساماً اختزالياً Meiosis يختزل فيه العدد الكامل من الكروموسومات إلى النصف مكونة الخلايا النطفية الثانوية Secondary spermatocytes. وهذه تنقسم مرة اخرى لتنتج عنها ارومات النطفة أو ما يسمى بطلائع النطف Spermatids. وبعد ذلك تتحور ارومات النطفة وتنضج بدون انقسام لتكون النطف أو الحيامن الناضجة Spermatozoa.

وتمتلك ارومات النطفة نصف العدد الاصلي من الكروموسومات التي تحويها اسلاف الخلية النطفية. وبذلك نرى أن كل خلية ابوية قد انتجت 64 خلية من ارومات النطفة اضافة إلى وجود المصدر الممول الثابت والمستمر من الخلايا الجنسية الخاملة.

إن عملية انقسامات الخلايا الجرثومية المذكورة آنفاً التي يتضاعف فيها عدد الخلايا الجنسية الذكرية ثم يختزل عدد الكروموسومات في نواة الخلية إلى النصف تسمى بعملية نشأة الخلية النطفية Spermatocytogenesis.

اما عملية تطور طلائع النطف ونضجها لتكوين النطف فتسمى بعملية تحور الخلايا النطفية (حؤول النطفة Spermogenesis). ولا يحدث أي انقسام خلال هذه المرحلة، وانما تجري بعض التحورات في سايتوبلازم ومكونات الخلايا وتشمل فقدان معظم السايتوبلازم بما في ذلك الحامض النووي الرايبي (RNA) والماء والكلايكوجين وحدوث تغيرات في الشكل لانتاج خلايا متطاولة ومتراصة ومتحركة ذات رأس وذلك هي النطف أو الحيامن الناضجة.

وتمر النطف باربعة مراحل متتالية لتصل إلى مرحلة النضج تتلخص بما يأتي :

1- مرحلة كولجي Golgi Phase.

2- مرحلة القبعة (القلنسوة) Cap Phase.

3- مرحلة الجسم الطرفي Acrosomal Phase.

4- مرحلة النضج Maturation Phase.

وتمتلك النطفة الناضجة شكلاً مميزاً حيث تحتوي على رأس Head وقطعة وسطية Middle Piece وذيل Tail تتحرك به يأخذ الحصة الكبرى من طول النطفة الكلي.

وتستغرق عملية نشأة النطفة في الرجل حوالي 10 - 11 أسبوعاً وتحتاج إلى اسبوعين آخرين لاتمام نضج النطف وانتقالها خلال البربخ إلى منطقة ذيل البربخ حيث تخزن هناك. وتشمل عملية نضج النطف التخلص من السايتوبلازم لتبقى النطفة بعد ذلك مكونة من رأس يحتوي على نواة وقليلاً من السايتوبلازم في القطعة الوسطة والذيل.

إن ما يجب ملاحظته هنا هو أن أي تأثير قد يصيب عملية نشأة النطفة، يؤدي إلى انتاج نطف شاذة ومشوهة، ويظهر ذلك جلياً في النطف اثناء مرورها في البربخ ثم يلاحظ على النطف التي تقذف خلال اسبوعين.

أما الخاصية التي تميز نشأة النطفة فهي كونها عملية مستمرة تحدث دورياً في النبيبات ناقلة المني بصورة غير متزامنة بحيث تنتج النطف من الخصية وتمر إلى البربخ بصورة مستمرة. وعندما تترك النطف الخصية لا تعتمد عليها في الحركة خلال قناة البربخ. كما أن ازالة احدى الخصيتين يؤدي إلى تضخم الخصية الباقية وزيادة فعالية عملية نشأة النطفة فيها لتعويض عمل الخصية المزالة.

السائل المنوي أو المني Seminal Fluid or Semen :

وهو السائل المتجمع في اثناء القذف الذي تسبح فيه النطف، وقد ظهر أن 60 - 90% من هذا السائل ينتج بوساطة الغدد اللاحقة أو الاضافية. ويتراوح حجم السائل المنوي في القذفة الواحدة بين 2 - 7 سم3 وبمعدل 3.5 سم3. ويحتوي كل سم3 من السائل المنوي في الانسان على 60 - 150 مليون نطفة يكون فيها ما لا يقل عن 80% طبيعية الحجم والمظهر الخارجي في الاحوال الاعتيادية.



وتقسم النطف غير الطبيعية أو المشوهة بصورة عامة على سبعة أنواع رئيسة، كأن تكون مثلاً أكبر من الطبيعية أو أصغر أو أقل سمكاً، أو بيضوية الرأس بدلاً من كمثرية الرأس أو ثنائية الرأس، أو غير متحورة، أو غير ناضجة وتمثل الخلايا غير الناضجة بعض الخلايا التي انسلخت من النبيبات الناقلة للمني قبل أن تصل إلى مرحلة النضج الكامل، وهي عادة خلايا في الادوار الاخيرة لنشأة النطفة تعرف طلائع النطف Spermatids، وتكون اما مفردة أو متجمعة على شكل خلايا متعددة النواة. وتظهر مثل هذه الخلايا في الأحوال البيئية غير الطبيعية أو نتيجة أنواع معينة من الاجهاد.

أما في الظروف الاعتيادية والصحية فيكون حجم السائل المنوي ومظهر الخلايا ثابتين تقريباً في الأعمار التي تقع بين 20 و 40 سنة مع وجود نسبة قليلة من الانواع غير الطبيعية. كما تكون حوالي 80% من النطف بحالة الحركة Motile.

ويعد السائل المنوي للانسان فريداً بين السوائل المنوية للبائن الاخرى في احتوائه على نسبة عالية من النطف المشوهة قد تصل إلى حوالي 20% فحيوانات المزرعة التي تظهر مثل هذه النسبة من التشوهات في نطفها لا يمكن الاستفادة منها في التلقيح وتذبح عادة.

إن وجود النطف بكثافة 30 مليون لكل سم3 من السائل المنوي أو أقل تسمى حالة قلة النطف Oligospermia تكون صفة الذكر العقيم غالباً الذي لا يتعدى حجم قذفته أكثر من 0.5 سم3 واحد. اما اختفاء النطف بصورة كاملة في السائل المنوي فتسمى بحالة اللانطفية Azoospermia وفيها لا يتم الاخصاب مطلقاً.

تتأثر حركة النطف بالحرارة وتتوقف النطف عن الحركة بعد حوالي 24 ساعة عند حفظ السائل المنوي في حاضنة درجة حرارتها مماثلة لدرجة حرارة الجسم، كما تموت النطف بسرعة بدرجة حرارة 48°م. وتعد حركة النطف واحدة من أهم الجوانب التي يجب توافرها في المني الطبيعي حيث يجب أن لا يقل مقدار النطف المتحركة فعلياً عن 60% لتكون العينة مخصبة.

أما تبريد السائل المنوي الفجائي فيسبب موت النطف ومع ذلك يمكن حفظ نطف الإنسان والثور في ظروف التحضير والخزن الجيدة بدرجة 79°م تحت الصفر لعدة سنوات، وبعد ذلك يمكن اعادة تدفئتها واستعمالها بنجاح في التلقيح الاصطناعي.

[illegible] طف كذلك بدرجة الحامضية Acidity أو القاعدية Alkalinity رغم كون السائل

المنوي قاعدياً في الاحوال الاعتيادية. أما افرازات المهبل فتكون حامضية كما ذكرنا وخاصة في وقت حدوث الاباضة Ovulation.

لقد وجه الباحثون عدة انتقادات للطريقة التي يحدد فيها مقدار قابلية الاخصاب في الذكر التي تعتمد في الاساس على عدد وحركة النطف. كما أن استعمال نموذج قياسي للمقارنة العددية للشخص الطبيعي البالغ 60 مليون نطفة في كل سم^3 يلقي الذنب في عدم الاخصاب على الذين تكون القيم العددية لنطفهم أقل من هذا العدد. ومع ذلك استطاع العديدون أن يكونوا أباء لعوائل كبيرة رغم القيم العددية لنطفهم التي لا تتعدى 15 مليون في كل سم^3 من السائل المنوي. كما وظهر أن وجود نطفة واحدة فقط ضروري لتلقيح البويضة في الوقت الصحيح رغم أن زيادة القيمة العددية للنطف تعني زيادة احتمال حدوث الاخصاب.

أما القيم الاخرى التي استعملت مقياساً للخصوبة الجنسية مثل محتويات السائل المنوي من الفركتوز Fructose فليست مقياساً لنشاط منشأ النطفة. لأن الفركتوز يفرز من الحويصلات المنوية التي ينظمها النشاط الصمي للخصية وليس له علاقة بقابلية الخصية على انتاج النطف.

أما البلازما المنوية Seminal Plasma فيقصد بها الجزء السائل من مكونات السائل المنوي الذي تكون فيه النطف في حالة عالقة. ويتكون من افرازات الغدد اللاحقة مثل الحويصلات المنوية والموثة وله تركيب كيميائي معقد، حيث يحتوي على مركبات بسيطة مثل سكر العنب والفركتوز والبروتينات ومواد أخرى أكثر تعقيداً هي الموثينات Prostaglandins التي ذكرناها سابقاً. ويمكننا تلخيص أهم وظائف البلازما المنوية بما يأتي :

1 - عمله على تنظيف أو غسل الاحليل بوساطة السائل الغني بالمخاط الذي يفرز من الغدد البصلية الاحليلية.

2- عمله وسطاً أيضياً (Metabolizable Substrate) يكون غنياً بالايونات المهمة والسكر وخاصة الفركتوز المكون لافرازات الحويصلات المنوية.

3- عمله وسطاً عالقاً ومنشطاً، حيث اظهرت البحوث أن جمع النطف من الخصية أو البربخ مباشرة ووضعها في البلازما المنوية يجعلها نشيطة بصورة كاملة، كما يؤدي إلى زيادة حركتها.

4- تحفيز الرحم عن طريق بعض المواد الموجودة فيه وخاصة الموثينات التي تعد واحدة من المحفزات القوية لتقلصات العضلات الملساء.

5- إن احتواء البلازما المنوية على عوامل مانعة التكيف Decapacitation Factors تجعل النطف غير قادرة على هضم واختراق خلايا انسجة الجسم. كما لوحظ أن النطف في معظم اللبائن لا تستطيع اختراق اغشية البويضة وتلقيحها ما لم تتعرض لافرازات الجهاز التناسلي الانثوي لمدة تتراوح بين 2 و 4 ساعات لغرض مرورها في حالة التكيف Capacitaion الضرورية التي تشمل تنشيط الجهاز الانزيمي للنطف إضافة إلى حدوث تغيرات فسيولوجية وشكلية وكيميائية في النطف وانطلاق سلسلة من الانزيمات المحللة التي تكسب النطف القدرة على اختراق اغشية البويضة المختلفة.

انتقال البويضة Ovum Transport :

ويقصد بها انتقال البويضة من مكان انطلاقها من المبيض حتى وصولها إلى المنطقة الملائمة لحدوث الاخصاب وملاقاة النطفة. فعند تمزق جريب جراف، تلفظ كتلة من السائل الجريبي المحتوي على البويضة إلى المنطقة القريبة من النهاية المخملة لانابيب الرحم حيث تنتقل بعدها إلى القمع ثم تدخل إلى أنابيب الرحم.

إن مرور البويضة خلال انابيب الرحم وتوقفاتها تعد إحدى الظواهر المتشابهة بدرجة غريبة في جميع اللبائن تقريباً. وتستغرق هذه الرحلة حوالي 3 - 4 أيام قبل وصول البويضة إلى الرحم. ويظهر أن للاهداب المبطنة لانابيب الرحم وحركتها باتجاه الرحم دوراً في نقل البويضة اضافة إلى السوائل المفرزة والتأثير الكبير لتقلصات انابيب الرحم.

وتسيطر الهرمونات على حركة وانتقال البويضة كما هو الحال في انتقال النطف، حيث يسبب افراز هرمون الاستروجين بطء في حركة البويضة خلال الانابيب بعكس هرمون البروجستيرون الذي يسرع من هذه الحركة.

وتبقى البويضة نشيطة لمدة 12 ساعة تقريباً في معظم الحيوانات الاليفة حتى يتم اخصابها. وتحتوي البويضة وقت نزولها على نواة تحيط بها المح Vitillus الذي يحدد الغشاء المحي Vitilline membrane. ويحاط الكل بغشاء رقيق يعرف بالطبقة الشفافة Zona Pellucida التي يحيط بها التاج الشعاعي (Corona radiata) (شكل رقم (10 - 6).



1
Corona radiata
4
Nucleus
2
Zona pellucida
3
Microvilli from
follicular cells

شكل رقم (10 - 6) مقطع خلال بويضة تحيطها الخلايا الجريبية.

1- التاج الشعاعي. 2- الطبقة الشفافة. 3- زغابات مجهرية لخلايا الجريب. 4- النواة.

وتمر البويضة خلال انبوب الرحم المختص ويكون مرورها سريعاً نسبياً خلال الانبورة ثم تتوقف مدة يومين عند الاتصال الانبوري البرزخي. ويتدفق خلال هذه المدة وعند انتقال البويضة انزيم الفوسفيتيز الحامض Acid phosphetase والموجود في منطقة الاتصال مسبباً ازالة خلايا المتراكم الخلوي والتاج الشعاعي. ويعد توقف البويضة في هذا الاتصال هو السبب في طول الوقت الذي تستغرقه في رحلتها. ثم تدخل البويضة بعد ذلك إلى البرزخ لتبقى في المنطقة البعيدة منه لفترة معينة تمر بعد ذلك بسرعة لتدخل الرحم.

التكيف Capasitation :

ويقصد بالتكيف، فترة الحضانة الضرورية للنطف التي تقضيها داخل القناة التناسلية الانثوية لتصبح بعدها قادرة على الاخصاب.

وتعني عملية التكيف ازالة الطبقة البروتينية الكاربوهيدراتية Glycoprotein Coat التي تغلف النطف حيث تكتسب بعدها القدرة على الاخصاب.

وقد اظهرت البحوث أن النطف المأخوذة من البربخ تحتاج لأن تعرض لمدة تكيف في الجهاز الانثوي حتى تكتسب القدرة على الاخصاب. وتشمل عملية التكيف حدوث تغيرات فسيولوجية وشكلية وكيميائية في النطف اضافة إلى انطلاق سلسلة من الانزيمات المحللة (ربما ß - Glucuronidase) حيث تصبح بعدها النطف قادرة على اختراق المتراكم الخلوي والغشاء المحي ثم الطبقة الشفافة للبويضة. وتزداد حركة النطف بعد التكيف حيث يزداد استهلاكها للاوكسجين وتكتسب وزناً جزيئياً أقل.

واقترح بعض الباحثين أن التكيف يشمل تنشيط الجهاز الانزيمي للنطف نفسها حيث تتم العملية في داخل الجهاز الانثوي لوجود عامل مساعد فيه. وتتم العملية بفقدان النطفة للجسم الطرفي (القبعة) Acrosome. بينما اقترح اخرون أن التكيف يشمل تجريد القبعة بطريقة تسهل عملية انفصالها معرضة انزيماتها المحللة للعمل وتجعلها ذات قابلية على هضم الخلايا التي حولها.

وقد وصفت ظاهرة التكيف بانها عملية تحضيرية يجب أن تعانيها جميع النطف خلال اقامتها المؤقتة في الجهاز التكاثري الانثوي وقبيل عملية الاخصاب. وبكلمة اخرى، من الضروري أن تبقى النطف في الجهاز الانثوي فترة من الزمن قبل عملية الاخصاب. وتساعد الكميات القليلة من الاستروجين في تحفيز عملية التكيف في اناث الارانب التي ازيلت منها المبايض.

وبعد دخول اول نطفة واختراقها للطبقات المختلفة للبويضة يحدث تغير في الطبقة الشفافة يتكون بموجبه المح الساد Vitilline Block الذي يمنع النطف الاخرى من الدخول، وتسمى هذه العملية بتفاعل الطبقة Zona reaction.

اما عند دخول اكثر من نطفة وهي من الحالات النادرة جداً واختراقها للطبقة الشفافة والمح فتسمى الحالة بتعدد النطف Polyspermy التي تؤدي إلى موت الجنين المتكون في المراحل الاولى لتطوره.

الاخصاب Fertilization

تبدأ الحياة الجديدة عندما تلقح نطفة واحدة فقط من بين ملايين النطف التي يقذفها الذكر

البويضة. ويحدث الاخصاب في معظم اللبائن تقريباً في منتصف انابيب الرحم أو منطقة اتصال الانبورة بالرزخ Ampulla - Isthmus Junction. وتصل النطف إلى هذه المنطقة قبل البويضة بعد ساعات وبعد حوالي 15 دقيقة من بعد التكيف وتحتفظ معظم نطف الحيوانات بقابليتها على الاخصاب مدة 24 ساعة تقريباً وقد تطول هذه المدة في بعض الحيوانات مثل الفرس لتصل إلى خمسة أيام.

وتتضمن مكننة الاخصاب اختراق لمنطقة الاغشية الخلوية التي تحيط بالبويضة حيث تخترق المتراكم الخلوي بوساطة الحركة، ثم تقوم النطفة بعد ذلك باختراق الطبقة الشفافة من منطقة صغيرة بعد تحليلها مكونة شقاً لمرورها بوساطة انزيم الاكروسين Acrosin الذي يفرز من رأس النطفة بعد فقدان الجسم الطرفي أو القبعة Acrosome . ويظهر أن عملية الاخصاب تتأثر بالانزيمات المحللة وهي الهايلورونيديز Hyaluronidase ونوع من البروتييز يشبه التربسين Like-Protease Trypsin الموجود في قبعة النطفة.

أما اختراق غلاف البويضة فيتم بوساطة اتحاد رأس النطفة بغلاف البويضة حيث تتكسر قبعة الجسم الطرفي وتندمج البويضة بالنطفة مكونة البويضة المخصبة Zygote. وبهذه الطريقة، تقوم نطفة واحدة فقط بتلقيح البويضة، وتبدأ الحياة الجديدة حالما تمتزج كروموسومات البويضة بكروموسومات النطفة لتبدأ البويضة المخصبة بالانقسام بعد ذلك تحت سيطرة الجينات.

وتستغرق عملية اختراق النطفة لاغشية البويضة وحدوث الاخصاب حوالي 12 ساعة، ويعتمد تحرير انزيمات قبعة النطفة على حدوث ظاهرة التكيف التي تشمل تغيراً في استقرارية اغشية النطف والتخلص من الانزيمات من داخل القبعة بوساطة رد الفعل الذي يحدث فيها. حيث يتحول الغشاء الذي يغطي القبعة إلى تركيب وعائي.

وتشمل عملية الاخصاب اتحاد النطفة والبويضة التي تحتوي كل منها على نصف العدد الاصلي من الكروموسومات ضماناً لعودة العدد الأصلي الخاص بالنوع في الفرد. ولما كانت الجينات تقع على الكروموسومات فإن هناك عطاء للعوامل الوراثية تسهم به الخليتان عند حدوث الاخصاب. إضافة إلى ذلك هناك سلسلة من التغيرات المعقدة في الحالة الكيميائية



وتركيب البويضة تحدث عندما يتم الاخصاب. وقد اعتبرت هذه التغيرات بمجموعها وسائل تنشيط حيث درست بشكل مفصل من قبل الباحث لورد وتشكيلد عام 1956. وقد اظهرت نتائج هذه الدراسة أن هناك تغيراً في قابلية التوصيل الكهربائي للبويضة وزيادة في فعاليتها التنفسية وتغير في تركيز مكوناتها الكيميائية مثل املاح الكالسيوم يتم في اثناء عملية الاخصاب.

الانغراس Implantation :

تبدأ البويضة المخصبة، بعد حدوث الاخصاب بالتطور، وتمر بسلسلة من الانقسامات الخلوية حيث تنقسم بموجبها إلى خليتين متماثلتين وهذه تنقسم إلى أربعة خلايا ثم إلى ثمانية خلايا...وهكذا، وجميع هذه الانقسامات خيطية تحتوي فيها الخلايا على العدد الكامل من الكروموسومات (شكل رقم 10 - 7).

شكل رقم (10 - 7)

مخطط يبين الانقسامات المتتالية التي تمر بها البويضة المخصبة وتكون البلاستولي وتطور الجنين.

ونتيجة لهذه الانقسامات المتتالية تتكون كتلة خلوية شبيهة بثمرة التوت في داخل المنطقة الشفافة للبويضة المخصبة، لذلك تسمى هذه المرحلة من التطور الجنيني الابتدائية بالمرحلة

التوتية Morula Stage. وبعد ذلك تستمر الانقسامات لتتكون كرة مجوفة تسمى بكيسي العصيفة أو البلاستولي Blastocyst التي تحتوي على طبقتين تسمى الخارجية منها والمحيطة بالكيس بالخلايا الغازية أو الجرثومية Trophoblasts، وتعمل على تغذية الجنين النامي. اما الطبقة الداخلية فتحتوي على تكتل من الخلايا الداخلية.

وتعمل انزيمات السائل الرحمي على هضم النطاق الشفاف ليصبح عندها كيس العصيفة مستعداً للانغراس في بطانة الرحم الذي يصل إلى مرحلة افرازية كافية لتقبل الانغراس. وتعمل انزيمات الطبقة الجرثومية النامية على هضم وتحضير تجويف مناسب للانغراس في بطانة الرحم. وعندها تحدث تغيرات في بطانة الرحم يتم بوساطتها انغلاق ما يعرف بالغشاء الساقط Decidua فوق قمة التجويف.

وتهاجر البويضة المخصبة مباشرة بعد حدوث الاخصاب حيث تستغرق يوماً واحداً للوصول إلى البرزخ ثم تبقى هناك مدة ثلاثة أيام اخرى تتحرك بعدها نحو الرحم وتبقى فيه حرة طليقة مدداً مختلفة بحسب نوع الحيوان، حتى تجد مكانها الملائم لتضطجع فيه على بطانة الرحم وبذلك يتم الانغراس.

ويعتمد الجنين النامي في بداية حياته على الحليب الرحمي Uterine Milk حتى تتحول تغذيته بعد ذلك لتصبح بوساطة المشيمة أو السخت Placenta التي تتكون بعد الانغراس.

الحمل والوضع Pregnancy and Parturition

يتهيأ الرحم لاستقبال الجنين النامي قبل حدوث الحمل بمدة من الزمن. ويشكل الرحم بالنسبة للجنين محيطاً واقياً ومظلماً ورطباً ومعقماً إضافة إلى توفيره الغذاء للجنين. وتحدث تغيرات هرمونية منتظمة في الجهاز التناسلي الانثوي لاعداد الجهاز لتقبل الحمل مثل حدوث تغيرات وعائية في الاعضاء المختلفة إضافة إلى نمو والتفاف الغدد الرحمية وترشيح الكريات البيض.

واذا قدر للحمل ان يستمر، فإن الاحداث المتتالية يجب أن تتم في مواعيدها حتى نهاية الحمل. وتؤثر مستويات هرمونات المبيض في الرحم (لأنه العضو المستهدف لعمل هذه الهرمونات). ويعمل الاستروجين على بطانة الرحم مسبباً نمو طلائها وتطور قنوات الرحم والعضلات الرحمية.



اما عند حوث الاباضة، فيبدأ فعل هرمون البروجستيرون نتيجة ارتفاع مستواه في الدم. وبالتعاون بين البروجستيرون والاستروجين الموجود تتأثر بطانة الرحم وعضلاته وتتشعب الغدد الرحمية وتزداد تفرعاتها والتواءاتها وتقوم بافراز مواد مخاطية سميكة القوام تعمل وسطاً غذائياً للبويضة المخصبة لحين حدوث الانغراس.

ويسبب افراز هرمون البروجستيرون بعد حدوث الاباضة هدوء عضلات الرحم لتجعله أكثر ملاءمة لتقبل البويضة المخصبة وحدوث الحمل.

ويؤثر وجود الجنين في الرحم في الغدة النخامية لافراز الهرمون اللوتيني LH لادامة الجسم الاصفر واستمراره في افراز البروجستيرون بدلاً من اضمحلاله. ويؤثر المستوى المرتفع للبروجستيرون والمستوى المنخفض للاستروجين في زيادة لزوجة وسمك الافرازات المخاطية لعنق الرحم التي تؤلف سدادة عنق الرحم Cervix Plug الذي يغلق هذه الفتحة باحكام ويمنع بذلك دخول الاجسام الغريبة طيلة فترة الحمل.

ويرافق الحمل بعض التغيرات التي تحدث في اعضاء محددة من جسم الانثى مثل الجهاز التناسلي والقناة الهضمية إضافة إلى زيادة الوزن وزيادة الوعائية والتورم في احيان كثيرة. ويزداد حجم الرحم تدريجياً لغرض استيعاب الجنين النامي، وتتم هذه الزيادة عن طريق توليد خلايا جديدة بوساطة الطبقة المولدة في جدار الرحم أو بزيادة عدد خلايا الرحم نتيجة الانقسام أو بزيادة حجم الخلايا المفردة المكونة للرحم نفسها.

إن حرمان الام الحامل من التغذية المتوازنة والجيدة الكافية لحصول هذه التغيرات وزيادة الوزن خلال فترة الحمل يجعلها تستهلك الطاقة الموجودة في جسمها لسد حاجة الجنين. لذلك يجب تغذية الأم بصورة ملائمة باغذية تحوي العناصر الغذائية الرئيسة كالبروتينات والكاربوهيدرات والفيتامينات والمعادن والدهون وغيرها لحين انتهاء فترة الحمل وحدوث عملية الوضع Parturition.

وتقدر الفترة الواقعة بين اخصاب البويضة والوضع في جنين الانسان الطبيعي بما معدله 266 يوماً (38) اسبوعاً. لذلك يمكن حساب يوم الوضع بمعرفة يوم حدوث الاخصاب. فاذا حصل الاخصاب في اليوم الرابع عشر من دورة الطمث، فإن الوضع المتوقع يكون بعد 280 يوماً من حدوث آخر طمث (شكل رقم 10 - 8):

شكل رقم (10 - 8)

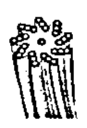
شكل يبين مراحل تطور البويضة المخصبة وظهور الحبل السري ثم تكون جنين الانسان

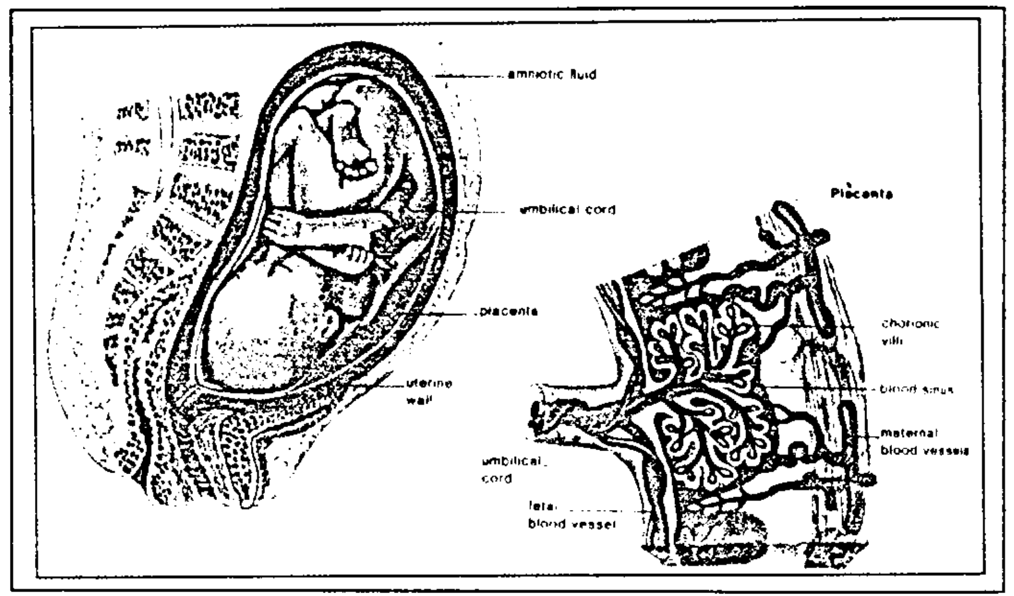
وتعتبر فترة نمو الجنين من اسرع فترات النمو في حياة الكائن الحي. ويزداد حجم جنين الانسان بأكثر من 3 ملايين مرة بين فترة الاخصاب ووضع المولود الجديد. ويتطور الجنين خلال هذه الفترة التي يمكن تقسيمها على ثلاثة مراحل :

1- المرحلة ما بين اخصاب البويضة حتى نهاية الاسبوع الثاني. ويحاول الجنين خلال هذه المدة الانغراس بنجاح لضمان الحصول على الغذاء.

2- المرحلة من الاسبوع الثالث حتى الثامن. وتظهر خلال هذه المرحلة جميع الاعضاء الاولية الرئيسة حيث تبدو الصفات البشرية على الجنين.

3- مرحلة الجنين، وتبدأ من الشهر الثالث حتى نهاية الحمل. وتتطور اجهزة جسم الجنين خلال هذه المرحلة بصورة ملحوظة، كما يتحول الجنين من مرحلة التطفل للاعتماد على نفسه في المحيط المضيف. وتوضح معظم الدراسات أن كلمة (جنين) يجب أن تطلق على مرحلة النمو بعد الشهر الرابع والخامس فقط (شكل رقم 10 - 9).





شكل رقم (10 - 9)

جنين الانسان بعمر 6 - 7 اشهر ويلاحظ تطور المشيمه المتميز

ومن الواضح أن الجنين يزداد في الوزن بسرعة اكبر من الزيادة في الطول، حيث يزداد وزنه لحد الضعف تقريباً خلال الشهرين الاخيرين من الحمل بينما لا يزداد طوله خلال المدة نفسها سوى 25% فقط.

ويزداد حجم الرحم خلال مراحل تطور الجنين والتراكيب الجنينية وحتى الشهر الرابع حيث يبرز فوق الحوض ويمتد فوق عظم القص Sternum قبل الوضع.

ويحصل الوضع نتيجة التقلصات المتتالية لعضلات الرحم التي تؤدي إلى تمدد عنق الرحم وتمزق السلي Amnion طارحاً السائل السلوى Amniotic Fluid المحتوي على الجنين. ويدفع الجنين والسائل بعد ذلك بقوة للمرور خلال عنق الرحم والمهبل لتبقى الاغشية الجنينية والمشيمة. وتعمل التقلصات الاخيرة للرحم على دفع الدم الباقي في المشيمة خلال الحبل السري Umbilical Cord نحو الجنين. لذلك يؤدي الشد وقطع الحبل السري إلى تجمع ثاني اوكسيد الكربون في جهاز الدوران وهذا يحفز المراكز التنفسية في مخ الجنين على استنشاق الهواء.

وفي الوقت نفسه تعمل التقلصات غير المنتظمة للرحم على طرح المشيمة والاغشية الجنينية بعد الولادة ويكون النزف شديداً في بعض الاحيان الا أنه يقل تدريجياً بوساطة التقلصات السريعة للرحم.



اسم الهرمون	المختصر	التاثير الفسيولوجي
هرمونات النخامية		
هرمون النمو	STH, GH	- يحفز نمو العظام والانسجة والغضاريف. - يوثر في أيض البروتينات والدهون والكاربوهيدرات.
هرمون محفز قشرة الكظر	ACTH	- يحفز تصنيع وتحرير هرمونات قشرة الكظرية.
هرمون محفز الدرقية	TSH	- يحفز تصنيع وتحرير هرمونات الدرقية.
هرمون محفز الجريبات.	FSH	- يحفز نشأة النطفة في الخصية. - يحفز تكوين البويضات في المبيض.
الهرمون اللوتيني	LH, ICSH	- يحفز افراز الهرمونات الستيرويدية في الخصية. - يحفز افراز الهرمونات الستيرويدية والاباضة في المبيض.
هرمون الحليب	PRL	- يحفز تكوين الحليب في الغدد اللبنية.
هرمون محفز خلايا الميلانين.	MSH	- يحفز السمرة في الجلد.
هرمون معجل الولادة	OT	- يحفز انسكاب الحليب من الغدد اللبنية - يحفز تقلصات الرحم.
هرمون مانع التبول	ADH	- يسرع من امتصاص الماء في الكلية.
هرمونات البنكرياس		
الأنسولين	Insulin	- يؤثر في أيض الكاربوهيدرات والبروتينات والدهون. - يعمل على خفض مستوى سكر العنب في الدم.
الجلوكاجون	Glucagon	- يزيد من استثمار واستخدام سكر العنب. - يعمل على رفع مستوى سكر العنب في الدم.
سوماتوستاتين	Somatostain	- يثبط هظم وامتصاص المواد الغذائية - يثبط افراز جميع الهرمونات
هرمونات الدرقية وجنيب الدرقية		
الثايروكسين	T4	تؤثر في معدل أيض الجسم
الثايرونين ثلاثي اليود	T3	
الكالسيتونين	CT	- يحافظ على مستوى الكالسيوم.
براثورمون	PTH	- يؤثر في أيض الكالسيوم والمعادن.

هرمونات الكظرية

كورتيزول أو كورتيكوستيرون	Cortisol or Corticosterone	- يحفز تصنيع الكاربوهيدرات. - مضاد للالتهابات والحساسية.
الدوستيرون	Aldosterone	- يحفز الاحتفاظ بالصوديوم وفقدان البوتاسيوم.
ابنفرين	E	- يزيد من معدل ضربات القلب ويهيء الجسم لحالة الطوارىء.
نور ابنفرين	NE	- يرفع ضغط الدم وتحول الكلايكوجين. - يرفع ضغط الدم. - ناقل عصبي كظري.

هرمونات الخصية

الاندروجينات		
الشحمون الخصوي والشحمون ثنائي. الهيدروجين	T DHT	- تحفز وتديم الصفات الجنسية الذكرية الثانوية. - تحفز نشأة النطفة. - لها دور في تنظيم الية التغذية الاسترجاعية بين النخامية وما تحت المهاد.
الاستروجينات :		
	E1 E2	لها دور في تنظيم الية التغذية الاسترجاعية بين النخامية وما تحت المهاد.
استرون واستراديول	Inhibin	- يثبط افراز هرمون محفز الجريبات في النخامية.
الهرمون المثبط	Activin	- يزيد من افراز هرموز محفز الجريبات في النخامية

هرمونات المبيض

الاستروجينات :		
استرون واستراديول	E1 E2	- تحفز وتديم الصفات الجنسية الذكرية الثانوية. - تحفز نمو وادامة الرحم. - لها دور في تنظيم الية التغذية الاسترجاعية بين النخامية وما تحت المهاد.
البروجستينات :		
البروجيسترون	P4	
هايدروكسي بروجستيرون	HP4	- تحفز ادامة الحمل. - تحفز نمو وادامة الرحم.
هرمون الجريبين	Follistain	- يلعب دور مهم في تطور الجنين في الفقريات

هرمونات الكلية

كولي كالسيفيرول	Cholecalciferol	– يعمل على توازن الكالسيوم والمعادن في الجسم .
اريثروبويتين	Erythropoetin	– يحفز تكوين الكريات الحمر في نقي العظام.
رنين	Renin	– يحفز تصنيع الالدوستيرون.

هرمونات الامعاء والمعدة

كاسترين (معدين)	Gastrin	– يحفز افراز الحوامض بوساطة الغدد المعدية .
كولي ستوكاينين	Cholecystokinin	– يحفز تقلص كيس الصفراء وانبساط صمام اودي. – يحفز الانزيمات الهضمية للبنكرياس.
افرازين	Secretin	– يحفز افراز الماء والشوارد للبنكرياس – يثبط حركة المعدة

هرمونات المشيمة

استريول	E3	– استروجين الجهاز البولي.
البروجستيرون	P4	– تحفز ادامة الحمل.
الهرمون محرض القند الكوريوني البشري	HCG	– يعمل على ادامة الجسم الاصفر في بداية الحمل. – يحفز خلايا ليدك في الجنين.
الهرمون اللاكتوجيني المشيمي البشري	HPL	يحفز تحول الدهون وأيض الكاربوهيدرات

هرمونات متنوعة

سوماتوميدين	Somatomedin	– يفرز من الكبد – يحفز انقسام الخلية والنمو
الموثينات	PG	– يتوسط تأثيرات هرمون النمو في العظام والغضاريف.
هرمون مصل الفرس الحامل	PMSG	– تحفز تقلصات العضلات الملساء. – تتوسط عمل الهرمونات وغيرها. – يشبه فعله فعل هرمون محفز الجريبات.



لبتين	Leptin	- يفرز من الانسجة الدهنية - يعمل على تحت الهاد لمنع الشهية
هرمون اذيني	Atrial natri uretic H.	- يفرز من القلب - يعمل على الكلية لتحفيز ابراز الصوديوم في البول
ثايموبويتين	Thymopoietin	- يفرز من الغدة السعترية ليعمل على الغدد اللمفية - يحفز تكوين كريات الدم البيض
ثنائي هيدروكسي فيتامين -D	1.25 - Dihydroxy vit - Ds	- يفرز من الجلد - يعمل على الامعاء الدقيقة لتحفيز امتصاص الكالسيوم



المصادر References

1. العلوجي، صباح ناصر، (2002)، علم الحياة، دار الفكر للطباعة والنشر، عمان، الاردن.
2. العلوجي، صباح ناصر، (2002)، الدليل لكل امرأة، دار الفكر للطباعة والنشر، عمان ، الاردن.
3. العلوجي، صباح ناصر، الحكيم، مرتضى كمال (1985)، الجنس وعدم الإخصاب، دار القاسية للطباعة، بغداد، العراق.
4. الياسين، ظاهر إبراهيم (1986). أسس الفسلجة السريرية، مطبعة جامعة بغداد.
5. صالح، محمد سليم، عشير، عبد الرحيم (1982)، علم حياة الإنسان، مطبعة جامعة الموصل، العراق.
6. عجاج، إسماعيل، والسعيدي، حسين والحكيم ، مرتضى (1981)، فسلجة التناسل والتلقيح الإصطناعي، مطبعة جامعة الموصل، العراق.
7. Alwachi, S.N., Bland, K.P. & Poyser, N.L. (1980) Production of 6-oxo- prsostaglandin F_1, PGF_2 and PGE_2 by uterine Tissue. Prostaglandins and Medicine 4, 329-332.
8. Alwachi, S.N., Bland, K.P & Poyser, N.L. (1981) Additional pathway of transfer of uterine prostaglandin F_2 to the ovary, Journal of Reproducation & Fertity 61, 197-200.
9. Anthong & Kothoff (1975) Texbook of Anatomy & Physiology, 9th Ed.The C.V. Mosby Co.
10. Bourne, Geoffry H. (1972), The Stracture and Function of Muscles, 2nd Ed. Academic Press, New York and London.
11. Carlson, Francis.D and Douglas R., Wilkie (1974), Muscle Phyisology, Printice- Hall, N.j.
12. Carpenter R.H.S, (1984), Neurophysiology, Edward Arnold, London.
13. Catherine, P.A & Gary, A.T.(1983), Textook of Anatomy and Physiology. 11th Edition, The C.V. Mosby Co., London.
14. Clark. R.P. & Edholm, O.G., (1985) Man & His Thermal Enviroment, Edward Arnold.
15. Clegg, C. (1981), Biology for Schools and Colleges, Heinemann Educational Books Ltd, London.



16. Cleveland, P.h., Larry, S.R. & Frances, M.H.(1982), Biology of Animals, 3rd Edition, The C.V. Mosby Company London.

17. Ceveland, P.H, Larry, S.R. & Frances, M.H. (1984), Integrated Principles of zoology, 7th edition, Times Mirror/ Mosby College publishing a (division) of the C.V. Mosby Company.

18. Davson H. (1970), A Textbook of General physiology, 4th ed. Vols Churhill, London, 1970.

19. Eckert, R. & Randall. D. (1978), Animal physiology, W.H. Freeman and Comapny, San Francisco.

20. Falvo, R. (1985), Endocrinology block, Southern Illinois, Universtity Schoor of Medicine.

21. Ganogy, W.F. (1983) Review of Medical Physiology, 11th edition Lange Medication, Los Altos, California.

22. Garrey, M.N. Govan, A.D.T., Hodge, Callander, R. (1972), Gynaecology Illistrated, Churchill Livingstone, Edinburgh.

23. Goldstein, L. (1977), Introduction to comparative phyisology, Holt, Rinehart Winston.

24. Guyton, A. (2001), Medical physiology, Saunders, philadelphia.

25. Jubiz.W. (1985), Endocrinology, Second Edition, McGraw-Hill Book Co.

26. Kriagu, D.T. & Hughes, J.G. (1980), Neuroendocrinology Sonauer Associates Inc., Massachusetts.

27. McDonald, L.E. (1985), Veterinary Endocribology and Reproduction 2nd edition, Lea and Febiger, Philadelphia.

28. Mc Naught, A.B. & Callander, R. (1975), Illustarte Physiology, Churchill Livingstone, Edinburgh.

29. Phillips, J.B. (1975), Development of Vertebrate Anatomy, The C.V. Mosby Co., Soint Louis, U.S.A.

30. Raven, P.H.& Johnson, G.J. (1991), Understanding Biology. 2nd Ed. W.C.B. Publishers, England.



31. Rutishauser, R. (1994) physiology & Anatomy. Churchill Livingstone, Edinburgh, New York.

32. Schottelius, B.A., & Schottelius, D.D., (1978), Textbook of Physiology, 8th ed., The C.V. Mosby Co.

33. Strand, L., (1978), Physiology A Regulatory System approach, Collier MacMillan International Editions.

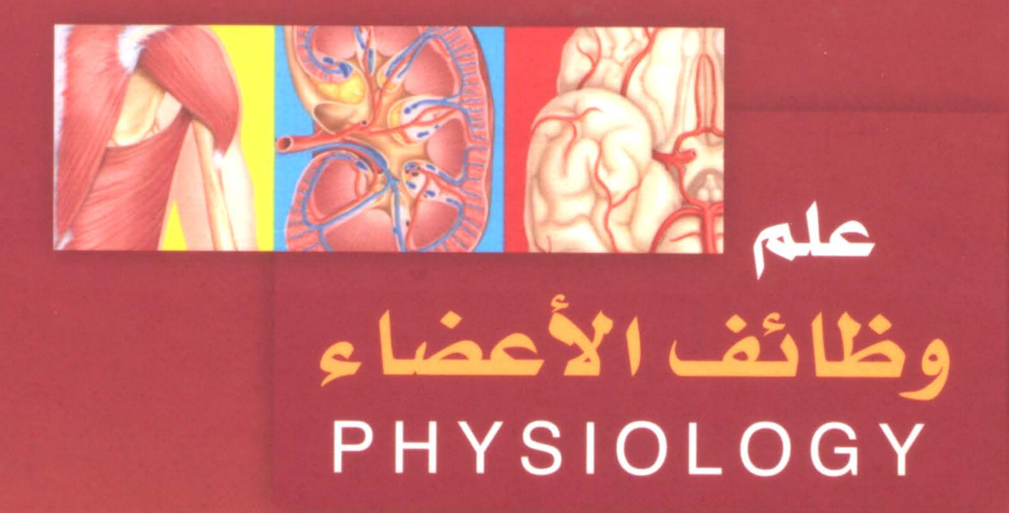


المؤلف في سطور

- صباح ناصر حسين عبد الله والملقب العلوجي تبعاً لمهنة والده واعمامه وهم من قبائل شمر العربية المعروفة في العراق وبقية الدول العربية.
- ولد في العاصمة العراقية بغداد في 1949/12/20م واكمل الدراسة الابتدائية والمتوسطة والثانوية فيها وحصل على البكالوريوس من جامعة بغداد عام 1972م.
- ابتعث من قبل وزارة التربية والتعليم العالي والبحث العلمي العراقية الى بريطانيا عام 1975م وحصل على شهادة الدكتوراه من جامعة ادنبره عام 1979 في علم وظائف الاعضاء.
- عمل باحثاً علمياً ومحاضراً في جامعة ادنبره في المملكة المتحدة 1979 - 1980.
- عمل عضواً لهيئة التدريس في كلية العلوم - جامعة بغداد منذ عام 1980 ولحد عام 1999.
- رقي الى مرتبة استاذ مشارك في 1978/12/20م.
- نال لقب الاستاذية Professor في 1992/12/20م.
- حصل على اكثر من 30 كتاب شكر وتقدير من الوزارات والمؤسسات العلمية والبحثية.
- نشر 27 بحثاً علمياً في المجلات القطرية والعربية والعالمية باللغتين العربية والانجليزية.
- اشرف على 15 رسالة ماجستير و 4 رسائل دكتوراه وترأس لجان امتحان العشرات من طلبة الدراسات العليا.
- قام بتأليف 12 كتاب في المجالات العلمية والطبية في مجال اختصاصه.
- نشر ما يقارب 200 دراسة ومقالة علمية في المجلات والصحف العراقية والعربية.
- عضو لجان علمية ودراسات عليا لاكثر من خمسة عشر سنة.
- عضو الهيئة الادارية لجمعية البيولوجيين العراقيين والبيولوجيين العرب.
- عضو الهيئة المؤسسة والادارية لجمعية حماية وتحسين البيئة العراقية.
- عضو جمعية دراسة الاخصاب البريطانية منذ عام 1978 ولحد الآن.
- عضو جمعية فسيولوجيا التكاثر الامريكية منذ عام 1979 ولحد الآن.
- شارك والقى بحوث علمية في اكثر من 20 مؤتمراً علمياً عالمياً وقطرياً.
- أعد وقدم برنامج العلم والحياة الاسبوعي من تلفزيون العراق 1981 - 1991م.
- أعد وقدم برنامج البيئة والحياة الاسبوعي من اذاعة بغداد 1982 - 1991م.



- عضو الهيئة الاستشارية المشرفة على البرامج العلمية في تلفزيون العراق.
- عضو الهيئة العليا للاعلام العلمي في وزارة الثقافة والاعلام العراقية.
- عمل منذ حصوله على الدكتوراه استاذاً في قسم علوم الحياة في كلية العلوم بجامعة بغداد وحتى عام 1999.
- عمل استاذاً ورئيساً لقسم الاحياء والكيمياء في كلية التربية بجامعة عدن عام 1999 - 2000م.
- عمل استاذاً ورئيساً لقسم البيولوجي في كلية العلوم بجامعة اب في اليمن عام 2000 - 2003م.



علم وظائف الأعضاء

PHYSIOLOGY

ISBN 9789957073427

